

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CELSO DARCI SEGER

MATERIAL COMBUSTÍVEL E COMPORTAMENTO DO FOGO EM  
VEGETAÇÃO DE ESTEPE GRAMÍNEO-LENHOSA NA RPPN  
CAMINHO DAS TROPAS, PALMEIRA, PARANÁ.

CURITIBA  
2015

CELSO DARCI SEGER

MATERIAL COMBUSTÍVEL E COMPORTAMENTO DO FOGO EM  
VEGETAÇÃO DE ESTEPE GRAMÍNEO-LENHOSA NA RPPN  
CAMINHO DAS TROPAS, PALMEIRA, PARANÁ.

Tese apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Florestal,  
Setor de Ciências Agrárias da  
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Batista  
Co-orientadores: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Daniela Biondi  
Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares

CURITIBA  
2015

Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR  
Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR

Seger, Celso Darci

Material combustível e comportamento do fogo em vegetação de estepe gramíneo-lenhosa na RPPN Caminho das Tropas, Palmeira, Paraná / Celso Darci Seger. – 2015  
195 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Batista

Coorientadores: Profa. Dra. Daniela Biondi

Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 12/02/2015.

Área de concentração: Conservação da Natureza

1. Fogo e ecologia. 2. Biomassa vegetal. 3. Madeira como combustível. 4. Teses. I. Batista, Antônio Carlos. II. Biondi, Daniela. III. Soares, Ronaldo Viana. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 577.24

CDU – 634.0.43



Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

**PARECER**

Defesa nº. 1073

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) doutorando(a) *Celso Darci Seger* em relação ao seu trabalho de tese intitulado **"MATERIAL COMBUSTÍVEL E COMPORTAMENTO DO FOGO EM VEGETAÇÃO DE ESTEPE GRAMÍNEO-LENHOSA NA RPPN CAMINHO DAS TROPAS, PALMEIRA, PARANÁ."**, é de parecer favorável à APROVAÇÃO do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em CONSERVAÇÃO DA NATUREZA.

*[Assinatura]*  
**Dr. Marcos Vinicius Giongo Alves**

Universidade Federal de Tocantins  
Primeiro examinador

*[Assinatura]*  
**Dr. Alexandre Beutling**

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul  
Segundo examinador

*[Assinatura]*  
**Dr. Ronaldo Viana Soares**

Universidade Federal do Paraná  
Terceiro examinador

*[Assinatura]*  
**Dr. Alexandre França Tetto**

Universidade Federal do Paraná  
Quarto examinador

*[Assinatura]*  
**Dr. Antonio Carlos Batista**

Universidade Federal do Paraná  
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 12 de fevereiro de 2015.

*[Assinatura]*  
**Antonio Carlos Batista**

Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

ESTE TRABALHO É DEDICADO....

... a minha esposa Tamara e meu filho Alexandre...  
... e a todos aqueles que contribuíram para que fosse realizado.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todas aquelas pessoas que contribuíram para a realização deste projeto.

Agradecimento especial ao Professor Dr. Antonio Carlos Batista, pela oportunidade dada para o desenvolvimento do projeto, pela orientação, e principalmente, pela solidariedade e os laços de amizade que se formaram durante o período de realização do curso de doutorado.

Também os sinceros agradecimentos ao Sr. Luiz Eduardo Veiga Lopes Jr., proprietário da RPPN Caminho das Tropas, pela disponibilização da área para a realização dos trabalhos de campo e por todo o apoio logístico dado para a execução de coletas de material e experimentos de queimas.

Aos co-orientadores Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daniela Biondi e Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares pela leitura, sugestões e correções de texto.

Ao Prof. Dr. Alexandre França Tetto pelas correções de texto, ajuda nos trabalhos de campo e também pela grande amizade nestes quatro de convívio.

A minha esposa Tamara, meu filho Alexandre e meu irmão Eriberto Seger que por diversas vezes me acompanharam nos trabalhos de campo.

Ao Dr. Ernandes Aparecido Saraiva, pós-doutorando de Engenharia Florestal, ao Prof. Dr. Marcos Pedro Ramos Rodriguez (Universidade de Pinar del Río – Cuba) e a Eng. Florestal Angeline Martini, também pelo auxílio nos trabalhos de campo.

Ao botânico Anderson Santos de Mello da UFSC e também a Tadeu Mota e demais técnicos do Museu Botânico Municipal de Curitiba pela identificação das espécies de plantas coletadas para a determinação do material combustível da área de estudo.

À Eng. Agrônoma Elvira Alice Kudla pelo auxílio nos trabalhos de laboratório. Ao Igor Takashina pela sessão de fotos de sua autoria e acompanhamento em campo. Ao Luis Donizetti Casimiro Junior, Andressa Tres e Bruna Kovalsyki, estudantes do curso de Engenharia Florestal pelo apoio na realização dos experimentos de campo, trabalhos de laboratório e também pela amizade.

Ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) pela autorização emitida para a realização das coletas na área da RPPN Caminho das Tropas.

Aos funcionários da Fazenda Santa Rita pelo acompanhamento para segurança de controle do fogo durante a realização dos experimentos de queimas.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação de Engenharia Florestal, com os quais tive a oportunidade de cursar as disciplinas para obtenção dos créditos necessários para o curso de doutorado.

## RESUMO

Este projeto foi desenvolvido na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Caminho das Tropas, Palmeira - PR. O período de coleta de dados foi entre janeiro de 2012 e março de 2014. Para a caracterização do material combustível uma área de amostragem de 25 hectares foi demarcada. A metodologia de coleta empregada foi a de “amostragem destrutiva” que consiste na retirada de todo o material contido nas parcelas. Para a caracterização do material combustível do estrato herbáceo, 35 pontos distribuídos sistematicamente na área foram amostrados, utilizando-se moldura metálica de 1 m<sup>2</sup> para a coleta de material. Três tipos de material foram considerados na análise estatística: material vivo e morto em pé e miscelânea (material morto acamado ao solo) todos com diâmetro  $\leq 0,7$  cm. Para a caracterização do material combustível arbustivo, dois tratamentos foram empregados: parcelas com mais e com menos de 50% de densidade arbustiva. Para ambos os tratamentos, 4 parcelas de 2.500 m<sup>2</sup> foram demarcadas de forma sistemática na área de amostragem para a coleta de material. O material combustível foi separado em 4 tipos: material vivo  $\leq 0,7$  cm e  $> 0,7 \leq 2,5$  cm e material morto  $\leq 0,7$  cm e  $> 0,7 \leq 2,5$  cm. Para a avaliação do comportamento do fogo, uma área de 5.000 m<sup>2</sup> foi delimitada. Dois experimentos de queima foram conduzidos em diferentes épocas do ano: no período pré-inverno e no pós-inverno. Foram queimadas 10 parcelas no pré-inverno e 20 no pós-inverno, todas medindo 3 x 20m. Em ambos os experimentos dois tratamentos de queimas foram conduzidos: contra e a favor do vento. No experimento pós-inverno, um monitoramento da regeneração da vegetação foi realizado durante o período de um ano pós-queimas. A carga de material combustível do estrato herbáceo foi estimada em 10,987 ton.ha<sup>-1</sup>. Para o estrato arbustivo, foi estimada a carga de 1,2886 ton.ha<sup>-1</sup> para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva e de 0,9328 ton.ha<sup>-1</sup> para as parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva. Para o experimento de queima pré-inverno, a média de material consumido foi de 1,64 kg.m<sup>-2</sup>, com eficiência média de queima de 65,75%. A velocidade média de propagação foi de 0,0343 m.s<sup>-1</sup>, a altura média da chama de 1,13 m, a intensidade média da frente do fogo de 85,537 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> e o calor liberado com média de 3239,09 kcal.m<sup>-2</sup>. Os resultados obtidos nas queimas a favor e contra o vento foram respectivamente: velocidade de propagação do fogo de 0,0536 e 0,0150 m.s<sup>-1</sup>; altura das chamas de 1,59 e 0,68 m; intensidade do fogo de 119,115 e 51,959 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> e calor liberado de 2.218,84 e 4.259,32 kcal.m<sup>-2</sup>. Para o experimento de queima pós-inverno, a quantidade média de material consumido foi de 1,77 kg.m<sup>-2</sup>, com eficiência média de queima de 76,86%. Em relação às variáveis do fogo, as médias obtidas, a favor e contra o vento, foram respectivamente: velocidade de propagação do fogo de 0,049 e 0,012 m.s<sup>-1</sup>; altura das chamas de 1,34 e 0,84 m; intensidade do fogo de 210,31 e 50,68 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> e calor liberado de 4.030,89 e 4.373,46 kcal.m<sup>-2</sup>. O incremento de biomassa no período de regeneração da vegetação após as queimas apresentou aumento linear até o sexto mês, quando atingiu a estabilização, com valor de carga (ton.ha<sup>-1</sup>) similar ao verificado antes da realização das queimas. Todos os resultados obtidos neste estudo estão dentro da faixa de valores apresentada na literatura para experimentos com carga de material combustível e comportamento do fogo realizados em vegetação de campos.

Palavras chaves: Estepe Gramíneo-Lenhosa, material combustível, queima controlada, comportamento do fogo e incremento de biomassa vegetal.



## ABSTRACT

This project was developed in the Private Natural Heritage Reserve "Caminho das Tropas", Palmeira County, Paraná State, Brazil. The data were collected between January 2012 and March 2014. For the fuel characterization, a sampling area with 25 hectares was demarcated. The collecting methodology was the "destructive sampling" where all the fuel contained in the plots is removed. For the herbaceous fuel characterization, 35 points were systematically distributed in the sample area, using a 1.0m<sup>2</sup> metal frame to delimitate the plots. Three fuel types were considered in the statistical analysis: standing live and dead fuel, and miscellaneous (dead fuel lying in the ground) all with  $\leq 0.7$  cm of diameter. For the shrub characterization, two treatments were considered: plots with more than 50% and plots with less than 50% shrub density. In both treatments subplots of 25 m<sup>2</sup> were plotted and sampled in each one of the four plots of 2,500 m<sup>2</sup> (for each treatment) systematically distributed in the sample area. The fuel was separated into four types: live fuel  $\leq 0.7$  cm and  $> 0.7 \leq 2.5$  cm of diameter and dead fuel  $\leq 0.7$  cm and  $> 0.7 \leq 2.5$  cm of diameter. For the fire behavior evaluation, an area of 5,000 m<sup>2</sup> was demarcated. Two burning experiments were conducted at different seasons: pre-winter and post-winter periods. Ten plots in the pre-winter period, and 20 plots in the post-winter period, measuring 3.0 x 20.0 m each, were burned. In both seasons backfire and head fire techniques were used. In the post-winter experiment, a vegetation regeneration monitoring was carried out during one year after the burnings. The herbaceous layer fuel load was estimated in 10.987 ton.ha<sup>-1</sup>. For the shrub layer, fuel loads of 1.288 ton.ha<sup>-1</sup> and 0.9328 ton.ha<sup>-1</sup> were estimated in the over 50% and in the under 50% shrub density, respectively. In the pre-winter burning experiment, the average fuel consumption was 1.64 kg.m<sup>-2</sup>, what means a 65.75% burning efficiency. The average fire spread was 0.0343 m.s<sup>-1</sup>, the average flame height 1.13 m, the average fire line intensity 85.537 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> and the heat release average 3,239.09 kcal.m<sup>-2</sup>. Results of the head fire and backfire were, respectively: fire spread 0.0536 and 0.0150 m.s<sup>-1</sup>; flames height 1.59 and 0.68 m; fire line intensity 119.115 and 51.959 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>, and heat release 2,218.84 and 4,259.32 kcal.m<sup>-2</sup>. For the after-winter burning the average fuel consumption was 1.77 kg.m<sup>-2</sup>, what means a 76.86% burning efficiency. Regarding the fire variables, the head fire and backfire averages were, respectively: fire spread 0.049 and 0.012 m.s<sup>-1</sup>; flames height 1.34 and 0.84 m; fire line intensity 210.31 and 50.68 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>, and heat release 4,030.89 and 4,373.46 kcal.m<sup>-2</sup>. The after burning biomass increment of the regenerated vegetation presented a linear growth in the first sixth months, when it reached a load value (ton.ha<sup>-1</sup>) similar to that observed before the burning. All results obtained in this study were within the range of values reported in the literature for fuel load and fire behavior experiments carried out in similar (savanna) vegetation.

Key words: Grass-Woody Steppe, fuel, controlled burning, fire behavior, vegetation biomass increment.

## APRESENTAÇÃO

A região da Estepe Gramíneo-Lenhosa conhecida pelo nome de Campos Gerais constitui uma das unidades fitogeográficas do estado do Paraná, distribuindo-se pelo segundo planalto. Remanescente de um clima pretérito semiárido dos primórdios da era quaternária, a região é dominada por vegetação tipicamente rasteira e de ciclo curto. Intercalando-se com vegetação de florestas, as paisagens dos Campos Gerais são de beleza cênica singular que encantam as pessoas.

Durante centenas de anos, a região teve grande importância econômica para o estado do Paraná, quando serviu de rota de passagem e de repouso de animais que eram conduzidos do sul do Brasil para regiões economicamente mais desenvolvidas do país.

A vegetação composta predominantemente de capins e pequenos arbustos é de alta suscetibilidade à ocorrência de incêndios, o que faz com que a relação entre a vegetação dos campos com o fogo já ocorra há milhares de anos. Com a chegada dos primeiros habitantes ameríndios à região e, posteriormente, com a instalação do colonizador europeu, a ação do fogo sobre a vegetação se intensificou. O uso do fogo foi por longo tempo a única ferramenta de manejo da vegetação dos campos, sendo utilizado em queimas anuais para eliminação da biomassa morta. Mesmo que seja utilizado com menos frequência nos dias atuais, ainda é uma prática empregada em algumas das fazendas da região dos Campos Gerais, por ser uma ferramenta de manejo de fácil aplicação e de baixo custo.

Embora o fogo esteja historicamente ligado aos campos, não existem, no entanto, estudos sobre o comportamento do fogo e nem sobre as características do material combustível e da regeneração da vegetação das estepes paranaenses após as queimas. Com base nesta lacuna de conhecimentos, esta pesquisa teve como propósito realizar um estudo sobre o tema na região, utilizando-se como área de estudo a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Caminho das Tropas, localizada na fazenda Santa Rita, município de Palmeira – PR. Pelo fato de ter sido conduzido numa unidade de conservação estadual, o estudo foi realizado mediante autorização de pesquisa de nº 470.131 (2012) emitida pelo Instituto Ambiental do Paraná - IAP.

Os resultados obtidos com esse trabalho representam importante base de conhecimentos sobre as características do material combustível e do comportamento do fogo em vegetação de Estepe Gramíneo-Lenhosa.

Esta tese está estruturada em cinco capítulos, sendo que cada capítulo contempla um objetivo. No Capítulo 1 é apresentado e discutido o primeiro objetivo da tese: caracterizar a área de estudo. No Capítulo 2 o objetivo foi caracterizar o material combustível do estrato herbáceo e no Capítulo 3, caracterizar o material combustível do estrato arbustivo. O objetivo do Capítulo 4 foi avaliar o comportamento do fogo em queimas controladas realizadas em diferentes épocas do ano, e finalmente, o Capítulo 5 teve como objetivo monitorar o incremento de biomassa da vegetação em período pós-queima.

Com exceção do Capítulo 1, os demais capítulos serão publicados em forma de artigos científicos em revistas nacionais e internacionais da área de recursos florestais e engenharia florestal do CNPq. A continuidade de estudos para o incremento de conhecimentos sobre a ecologia do fogo para a região dos Campos Gerais do Paraná é deveras importante para, juntamente com os resultados já obtidos, embasar ações de manejo e de prevenção e combate a incêndios nesta formação vegetacional paranaense.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

FIGURA 1 -	Área de distribuição dos Campos Sulinos na região sul do Brasil .....	20
FIGURA 2 -	Localização da região dos Campos Gerais no estado do Paraná .....	23
FIGURA 3 -	Vista da <i>cuesta</i> da Escarpa Devoniana que separa o Primeiro do Segundo Planalto Paranaense .....	23
FIGURA 4 -	Fitofisionomia da Estepe Gramíneo-Lenhosa .....	25
FIGURA 5 -	Paisagens típicas da região dos Campos Gerais com relevante beleza cênica .....	26
FIGURA 6 -	Áreas de ocorrência dos climas Cfa e Cfb no estado do Paraná e na região dos Campos Gerais .....	28
FIGURA 7 -	Médias anuais de temperatura do ar (A) e de insolação total para a região dos Campos Gerais do Paraná .....	29
FIGURA 8 -	Médias anuais de precipitações pluviométricas (A) e de umidade relativa do ar (B) para a região dos Campos Gerais do Paraná .....	30
FIGURA 9 -	Direção predominante dos ventos na região dos Campos Gerais .....	31
FIGURA 10 -	Principais classes de solos presentes nos Campos Gerais .....	33
FIGURA 11 -	; Tropeiros de passagem pela região dos Campos Gerais do Paraná .....	39
FIGURA 12 -	Queimada de campos para renovação de pastagens em área lindeira à Fazenda Santa Rita/RPPN Caminho das Tropas .....	41
FIGURA 13 -	Uso do solo dos Campos Gerais para agricultura: milho (A) e soja (B) .....	43
FIGURA 14 -	Povoamentos de pinus em áreas de campos nativos (A) e dispersão (contaminação) de áreas do entorno (B) .....	43
FIGURA 15 -	Localização da RPPN Caminho das Tropas no município de Palmeira e região dos Campos Gerais do Paraná .....	45
FIGURA 16 -	Mapa da Fazenda Santa Rita com a localização da RPPN Caminho das Tropas (25°20'53" S e 49°47'39" O) e RPPN Botuquara .....	46
FIGURA 17 -	Paisagem da RPPN Caminho das Tropas .....	47
FIGURA 18 -	Vegetação de Estepe <i>stricto sensu</i> (campos secos). Predomínio de herbáceas (A) e associação herbácea/arbustiva (B) .....	48
FIGURA 19 -	Vegetação de estepe higrófila (campos úmidos) sobre solos rasos (A) e solos mais profundos (B) .....	49
FIGURA 20 -	Refúgios rupestres colonizados por líquens (A) e bromeliáceas (B) .....	50
FIGURA 21 -	Vegetação florestal: capões (A) e matas de galeria (B) compostas por floresta de araucária .....	50

FIGURA 22 -	Médias mensais de temperaturas registradas para a área de estudo no período de 2010 - 2013 .....	51
FIGURA 23 -	Médias mensais de temperaturas por ano no período de 2010 - 2013 .....	52
FIGURA 24 -	Médias mensais de precipitações pluviométricas para a área de estudo no período de 2010 - 2013 .....	52
FIGURA 25 -	Precipitações pluviométricas mensais por ano no período de 2010 - 2013 .....	53
FIGURA 26 -	Médias mensais de umidade relativa do ar para a área de estudo no período de 2010 - 2013 .....	53
FIGURA 27 -	Médias mensais de umidade relativa do ar por ano no período 2010 - 2013 .....	54
FIGURA 28 -	Médias mensais da velocidade média do vento registradas para a área de estudo no período de 2010 - 2013 .....	55
FIGURA 29 -	Médias mensais de velocidade do vento registradas por ano no período 2010 - 2013 .....	55
FIGURA 30 -	Área de amostragem .....	57
FIGURA 31 -	Caracterização ambiental da área de amostragem .....	58

## CAPÍTULO 2

FIGURA 1 -	Ponto de amostragem demarcado com estaca de madeira .....	69
FIGURA 2 -	Croqui da área de amostragens com a indicação dos 35 pontos de coletas .....	70
FIGURA 3 -	Croqui da área de coletas no entono do ponto de amostragem (A) e moldura metálica quadrada (B) utilizada para as coletas de material .....	71
FIGURA 4 -	Sequência da coleta de material combustível: deposição da moldura metálica (A); corte e retirada do material (B); separação em classes (C) e determinação da massa do material fresco (D).....	72
FIGURA 5 -	Coleta de material da classe miscelânea .....	73
FIGURA 6 -	Sequência de secagem e determinação da massa de material seco: separação de subamostra de material fresco (A), determinação da massa da subamostra de material fresco (B), secagem em estufa (C) e determinação da massa do material seco (D) .....	75
FIGURA 7 -	Separação do material combustível (A) de material particulado do solo (B) da classe miscelânea .....	76
FIGURA 8 -	Croqui da área de amostragem com a indicação dos 17 pontos de coletas (circundados) para identificação de espécies vegetais herbáceas .....	77
FIGURA 9 -	Separação do material herbáceo entre poáceas (capins) e demais famílias .....	78

### CAPÍTULO 3

FIGURA 1 -	Área de amostragem com indicação de parcelas com mais de 50% (com indicadores) e menos de 50% (sem indicadores) de densidade arbustiva .....	108
FIGURA 2 -	Localização das parcelas escolhidas para as amostragens .....	108
FIGURA 3 -	Croqui de representação de distribuição das parcelas e tamanho de subparcelas de amostragem .....	109
FIGURA 4 -	Croqui de distribuição das subparcelas nas 4 parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva .....	110
FIGURA 5 -	Croqui de distribuição das subparcelas nas 4 parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva .....	111
FIGURA 6 -	Uso de régua metálica para medição da altura (A) e de gabarito de madeira (B) para medição do diâmetro basal dos indivíduos arbustivos .....	113
FIGURA 7 -	Separação do material combustível em classes diamétricas. Verificação do diâmetro (A) e corte e separação do material (B) .....	113
FIGURA 8 -	Separação de subamostra (A) e acondicionamento do material fresco arbustivo em campo para transporte ao Laboratório (B) .	114
FIGURA 9 -	Material combustível arbustivo seco em laboratório. Material fino $\leq 0,7$ cm (A) e material grosso $> 0,7$ (B) .....	114
FIGURA 10 -	Espécies que mais contribuíram para com a determinação da carga de material combustível do estrato arbustivo .....	118
FIGURA 11 -	Área de estudo no ano de 2012 com predomínio de vegetação arbustiva viva (A) e no ano de 2013 com predomínio de vegetação arbustiva morta (B) .....	123
FIGURA 12 -	Detalhe de parcela com mais de 50% de densidade arbustiva .	125
FIGURA 13 -	Detalhe de parcela com menos de 50% de densidade arbustiva .....	125

### CAPÍTULO 4

FIGURA 1 -	Localização da área de realização dos experimentos de queimas na RPPN Caminho das Tropas .....	147
FIGURA 2 -	Preparação das parcelas com o uso de roçadeira acoplada a trator .....	148
FIGURA 3 -	Localização das parcelas queimadas nos experimentos pré e pós-inverno .....	148
FIGURA 4 -	Equipe de segurança portando equipamento para controle do fogo .....	149
FIGURA 5 -	Croqui de parcela mostrando a localização dos pontos de coletas para caracterização do material combustível .....	150
FIGURA 6 -	Caracterização do material combustível. Moldura de madeira (A) utilizada para a coleta de material (B) .....	150
FIGURA 7 -	Acondicionamento do material em sacos plásticos para transporte (A) e secagem em laboratório (B) .....	151

FIGURA 8 -	Demarcação dos pontos de observação com estacas de madeira (A) para anotação de dados (B) .....	152
FIGURA 9 -	Ignição do combustível com uso de pinga-fogo. Queima contra o vento (A) e a favor do vento (B) .....	153
FIGURA 10 -	Leitura das variáveis meteorológicas com uso da estação automática Kestrel 4500 <i>Pocket Weather Tracker Station</i> .....	154
FIGURA 11 -	Parcela queimada contendo material residual .....	156
FIGURA 12 -	Propagação do fogo: contra o vento (A) e a favor do vento (B) .	162
FIGURA 13 -	Características do material combustível na área de realização dos experimentos .....	163
FIGURA 14 -	Diferentes alturas das chamas em queimas a favor do vento em consequência da quantidade de material combustível disponível à queima .....	170

## CAPÍTULO 5

FIGURA 1 -	Coleta de material para monitoramento de incremento de biomassa vegetal .....	182
FIGURA 2 -	Consumo de material combustível pelo fogo e incremento de biomassa vegetal .....	186
FIGURA 3 -	Teor de umidade do material combustível no momento da queima e durante o período de monitoramento pós-queima .....	189
FIGURA 4 -	Fisionomia da vegetação: antes das queimas (A); 2 dias (B); 61 dias (C); 125 dias (D); 185 dias (E); 243 dias (F); 305 dias (G) e 367 dias (H) após a queima .....	190

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

Tabela 1 -	Famílias e quantidade de espécies registradas para o estrato herbáceo da área de estudo .....	80
Tabela 2 -	Classes de materiais combustíveis inicialmente previstas para análise .....	81
Tabela 3 -	Cálculo da suficiência de amostragem (N) para as classes de materiais combustíveis herbáceos analisados .....	82
Tabela 4 -	Carga média ( $\text{ton.ha}^{-1}$ ) e comparação de médias das classes de material combustível herbáceo .....	83
Tabela 5 -	Representatividade média das classes de material combustível herbáceo fino nas diferentes estações do ano .....	85
Tabela 6 -	Teor de umidade das classes de material combustível herbáceo .....	87
Tabela 7 -	Espécies coletadas para verificação da composição florística do estrato herbáceo .....	96
Tabela 8 -	Resultados das coletas realizadas na estação do outono .....	100
Tabela 9 -	Resultados das coletas realizadas na estação do inverno .....	101
Tabela 10 -	Resultados das coletas realizadas na estação da primavera .....	102
Tabela 11 -	Resultados das coletas realizadas na estação do verão .....	103

### CAPÍTULO 3

Tabela 1 -	Classes de material combustível arbustivo analisadas .....	113
Tabela 2 -	Espécies vegetais arbustivas coletadas nas amostragens .....	116
Tabela 3 -	Carga e representatividade das famílias botânicas em relação à carga total de material combustível arbustivo.....	118
Tabela 4 -	Cálculo da suficiência de amostragem (N) para as classes de materiais combustíveis arbustivos analisados .....	119
Tabela 5 -	Número de indivíduos arbustivos coletados e carga de material vivo e morto das classes de altura e diâmetro basal .....	120
Tabela 6 -	Carga de material combustível arbustivo das classes analisadas e representatividade em relação à carga total .....	122
Tabela 7 -	Carga média ( $\text{ton.ha}^{-1}$ ) das classes de material arbustivo analisadas .....	124
Tabela 8 -	Teor médio de umidade das classes de material arbustivo .....	127
Tabela 9 -	Carga e teor de umidade das classes de material combustível arbustivo vivo obtido para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva .....	135
Tabela 10 -	Carga e teor de umidade das classes de material combustível arbustivo morto obtido para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva .....	136
Tabela 11 -	Carga e teor de umidade das classes de material combustível arbustivo vivo obtido para as parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva .....	137



Tabela 12 -	Carga e teor de umidade das classes de material combustível arbustivo morto obtido para as parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva .....	138
Tabela 13 -	Carga total das classes e total geral de material combustível arbustivo (vivo + morto) obtido para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva .....	139
Tabela 14 -	Carga total das classes e total geral de material combustível arbustivo (vivo + morto) obtido para as parcelas com menos de 50% de arbustiva .....	140

## CAPÍTULO 4

Tabela 1 -	Variáveis do material combustível, ambientais e do comportamento do fogo .....	154
Tabela 2 -	Prescrição de variáveis meteorológicas para queimas de vegetação de campos .....	157
Tabela 3 -	Variáveis meteorológicas nos dias do experimento pré-inverno ..	158
Tabela 4 -	Variáveis meteorológicas nos dias do experimento pós-inverno .	158
Tabela 5 -	Médias das características e consumo de material combustível dos experimentos .....	160
Tabela 6 -	Comportamento do fogo do experimento pré-inverno .....	165
Tabela 7 -	Comportamento do fogo do experimento pós-inverno .....	166
Tabela 8 -	Prescrição de variáveis de comportamento do fogo para queimas de vegetação de campos .....	167
Tabela 9 -	Comportamento do fogo durante os experimentos de queima pré e pós-inverno .....	168
Tabela 10 -	Caracterização do material combustível do experimento pré-inverno .....	178
Tabela 11 -	Caracterização do material combustível do experimento pós-inverno .....	178

## CAPÍTULO 5

Tabela 1 -	Distanciamento dos pontos do início das parcelas para as datas das coletas .....	183
Tabela 2 -	Coletas bimestrais para determinação do incremento da biomassa seca ( $\text{ton.ha}^{-1}$ ) no período pós-queimas .....	185
Tabela 3 -	Teor de umidade (%) presente no material combustível nas datas de realização das coletas .....	189

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 1

#### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

<b>1</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO REGIONAL .....</b>	<b>20</b>
1.1	OS CAMPOS NATURAIS DO SUL DO BRASIL .....	20
1.2	REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS DO ESTADO DO PARANÁ .....	22
1.2.1	Localização .....	22
1.2.2	Origem da expressão Campos Gerais .....	24
1.2.3	Região fitogeográfica .....	25
1.2.4	Clima .....	27
1.2.5	Solos .....	31
1.2.6	Vegetação dos Campos Gerais .....	33
1.2.7	A ocupação humana dos Campos Gerais .....	38
1.2.8	O uso do fogo para manejo da vegetação .....	40
1.2.9	Estado de conservação dos Campos Gerais .....	41
<b>2</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>45</b>
2.1	LOCALIZAÇÃO .....	45
2.2	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL .....	47
2.3	CLIMA LOCAL .....	51
2.4	SOLOS .....	56
<b>3</b>	<b>ÁREA DE AMOSTRAGENS .....</b>	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>

### CAPÍTULO 2

#### CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DO ESTRATO HERBÁCEO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>68</b>
2.1	ÁREA DE ESTUDO .....	68
2.2	DEFINIÇÃO DE PONTOS DE AMOSTRAGEM DE MATERIAL .....	68
2.3	COLETA DE MATERIAL .....	70
2.4	CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO .....	73
2.5	DETERMINAÇÃO DA CARGA (MASSA) DE MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO .....	74
2.6	IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS HERBÁCEAS .....	76
2.7	RELAÇÃO ENTRE A CONTRIBUIÇÃO DA CARGA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL DE ESPÉCIES DA FAMÍLIA POACEAE E DEMAIS FAMÍLIAS .....	78
2.8	PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS .....	78
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>79</b>
3.1	ESPÉCIES VEGETAIS HERBÁCEAS COLETADAS .....	79

3.2	QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO POR CLASSE DIAMÉTRICA .....	80
3.3	SUFICIÊNCIA DE AMOSTRAGEM .....	81
3.4	QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO FINO .....	82
3.5	REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DO MATERIAL HERBÁCEO .....	85
3.6	TEOR DE UMIDADE DO MATERIAL .....	87
4	<b>CONCLUSÕES</b> .....	89
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	90
	<b>APÊNDICES</b> .....	95

### CAPÍTULO 3

#### CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DO ESTRATO ARBUSTIVO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	105
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	107
2.1	ÁREA DE ESTUDO .....	107
2.2	AMOSTRAGENS .....	107
2.3	DETERMINAÇÃO DA CARGA DE MATERIAL ARBUSTIVO .....	112
2.4	PROCESSAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS .....	115
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	116
3.1	ESPÉCIES VEGETAIS ARBUSTIVAS COLETADAS .....	116
3.2	SUFICIÊNCIA DE AMOSTRAGEM .....	119
3.3	CARGA DE MATERIAL ARBUSTIVO POR CLASSE DE ALTURA E DIÂMETRO BASAL .....	120
3.4	REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DIAMÉTRICAS EM RELAÇÃO AO TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL ARBUSTIVO ...	122
3.5	DENSIDADE E CARGA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL ARBUSTIVO .....	124
3.6	TEOR DE UMIDADE DO MATERIAL .....	127
4	<b>CONCLUSÕES</b> .....	130
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	131
	<b>APÊNDICES</b> .....	134

### CAPÍTULO 4

#### COMPORTAMENTO DO FOGO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	142
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	146
2.1	ÁREA DE ESTUDO .....	146
2.2	REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS .....	146
2.2.1	Delimitação de área para realização dos experimentos .....	146
2.2.2	Adoção de medidas de segurança .....	148
2.2.3	Caracterização do material combustível .....	149
2.2.4	Queimas das parcelas .....	151
2.2.5	Monitoramento das condições meteorológicas .....	153

2.2.6	Determinação da intensidade do fogo e do calor liberado .....	154
2.2.7	Coleta de material residual .....	156
2.3	PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS .....	156
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	157
3.1	CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS ADEQUADAS PARA QUEIMAS ...	157
3.2	CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DOS EXPERIMENTOS .....	157
3.3	CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL .....	159
3.4	COMPORTAMENTO DO FOGO .....	165
3.4.1	Comparativo do comportamento do fogo entre os experimentos pré e pós-inverno .....	167
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	173
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	174
	<b>APÊNDICES</b> .....	177

## CAPÍTULO 5

### MONITORAMENTO DO INCREMENTO DA BIOMASSA AÉREA DA VEGETAÇÃO APÓS REALIZAÇÃO DE QUEIMA CONTROLADA

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	180
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	182
2.1	ÁREA DE ESTUDO .....	182
2.2	2.2 AMOSTRAGENS PARA DETERMINAÇÃO DO INVCREMENTO DE BIOMASSA VEGETAL .....	182
2.3	DETERMINAÇÃO DA MASSA SECA E TEOR DE UMIDADE DO MATERIAL .....	183
2.4	PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.....	184
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	185
3.1	INCREMENTO DA BIOMASSA .....	185
3.2	VARIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DO MATERIAL .....	188
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	192
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	193

## **CAPÍTULO 1**

### **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

## 1 CARACTERIZAÇÃO REGIONAL

### 1.1 OS CAMPOS NATURAIS DO SUL DO BRASIL

Os campos naturais em território brasileiro ocorrem principalmente na região sul (LEITE; KLEIN, 1990). As denominações existentes para designar esta formação vegetal são variadas, como por exemplo: campos, estepes, estepes de gramíneas baixas e campos do sul. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2000), o conjunto de áreas de campos inserido nos biomas Pampas e Floresta Atlântica receberam a denominação de “Campos Sulinos” (FIGURA 1).

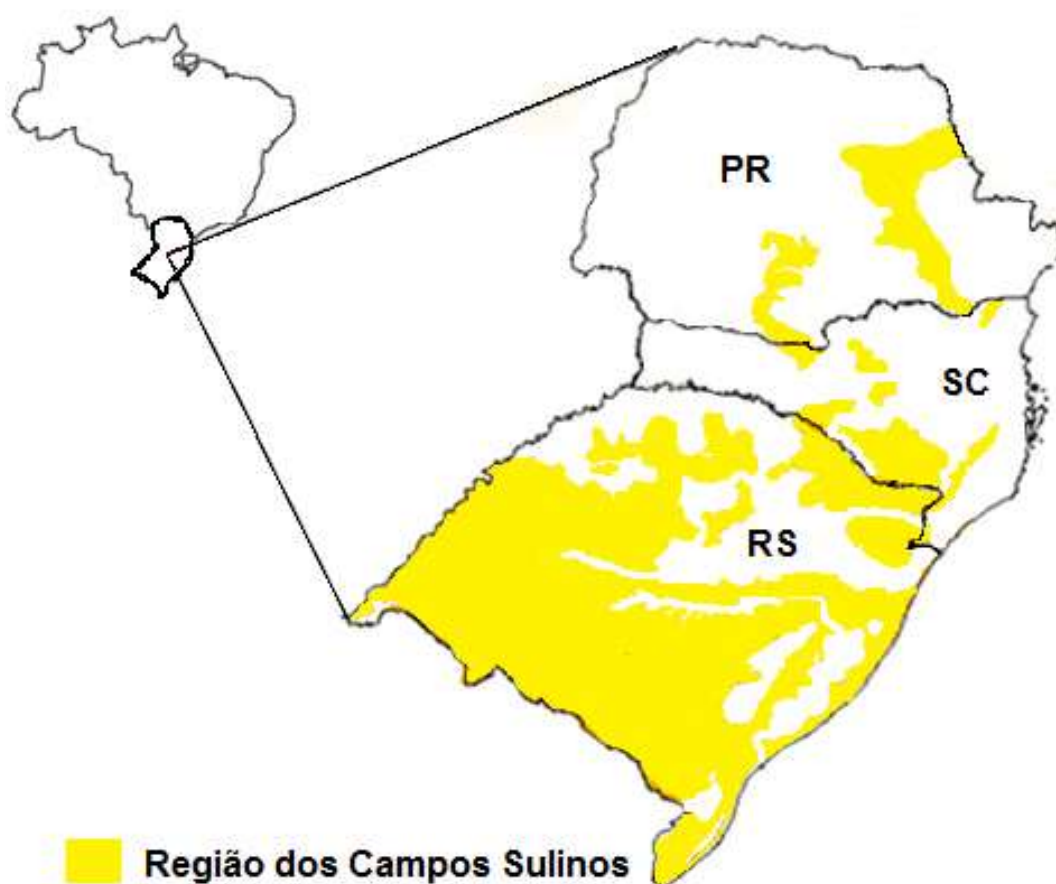


FIGURA 1 - Área de distribuição dos Campos Sulinos na região sul do Brasil  
Fonte: [www.ecologia.ufrgs.br](http://www.ecologia.ufrgs.br) (2014), elaborada pelo autor

Segundo a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004), a região dos Campos Sulinos inclui os campos subtropicais (bioma Pampas) e os campos de altitude (bioma Floresta Atlântica). Os campos subtropicais

que se estendem pelo bioma dos Pampas, abrangem a região da Depressão Central, Serra do Sudeste e região da Campanha Gaúcha, abrangendo quase metade da área do Rio Grande do Sul. Os campos de altitude, assim denominados por se encontrarem em altitudes acima de 600 metros, distribuem-se pelo Planalto Sulbrasileiro (Planalto Meridional), principalmente na porção norte do Rio Grande do Sul e centro oeste de Santa Catarina, na região do bioma Floresta Atlântica (BEHLING *et al.*, 2009). No estado do Paraná, os campos ocorrem de forma disjunta ao longo dos três planaltos que caracterizam o macro relevo paranaense, especialmente no Segundo Planalto (MAACK, 2012).

De acordo com o sistema de classificação da vegetação brasileira adaptado a um sistema universal proposto por Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991), a região dos campos do sul do Brasil foi incluída na seção fitoecológica Estepe, mesmo procedimento adotado por IBGE (1992). Esta seção se caracteriza pela presença de ecossistemas de vegetação herbácea onde predominam espécies da família Poaceae (capins) e com inexpressiva presença do elemento lenhoso, geralmente restrito a poucas espécies de hábito arbustivo ou subarbustivo (KUPLICH; MARTIN, 2009). São diferenciados em campos limpos, onde prevalecem as famílias Poaceae e Ciperaceae associadas a outras herbáceas de várias famílias botânicas, e, de campos sujos, onde aparece com mais densidade o estrato arbustivo baixo, com predominância de espécies das famílias Asteraceae e Apiaceae (BEHLING *et al.*, 2009).

Os Campos Sulinos distribuem-se em grande parte sobre relevo plano ou suavemente ondulado, abrangendo ambientes variados (LEITE, 1995). Podem ocorrer de forma dominante ou formar mosaicos com florestas, compondo uma paisagem característica no sul do Brasil (OLIVEIRA, 2002). Em geral cobrem áreas de solos pouco profundos e com generalizada pobreza de nutrientes, oriundos da degradação de arenitos e de derrames basálticos ácidos rasos (RIZZINI; COIMBRA FILHO; HOUAISS, 1988; LEITE, 1995).

Os campos apresentam estrutura, dinâmica e função muito particular, compondo ecossistemas altamente interativos. A existência dos campos está relacionada a fatores abióticos como: a geomorfologia regional, solos e variáveis meteorológicas (geadas, estiagem, insolação, etc.), além de atividades antrópicas que alteram suas características primitivas, seja pelas queimadas, agricultura e

fragmentação de habitats, bem como pela introdução de espécies exóticas, dentre outras (PILLAR, 2006).

## 1.2 A REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS DO ESTADO DO PARANÁ

### 1.2.1 Localização

O estado do Paraná, que ocupa aproximadamente 2,5% da superfície brasileira, abrange em seu território a maioria das unidades fitogeográficas brasileiras. Os campos naturais, que representam uma delas, ocorrem em diferentes regiões do estado e com denominações distintas. De acordo com Maack (2012), os campos paranaenses são representados pelos Campos de Curitiba e Campos de Castro (Primeiro Planalto), Campos Gerais (Segundo Planalto), Campos de Guarapuava, Campos de Palmas, Campos de Laranjeiras do Sul e Campos Erê (Terceiro Planalto). A maior extensão de campos está presente no Segundo Planalto (Planalto de Ponta Grossa), porção centro-oriental do Paraná, compondo a região dos Campos Gerais (FIGURA 2) onde se localizam inúmeras nascentes que fazem parte das bacias hidrográficas dos rios Iguaçu, Tibagi, Cinzas e Ribeira (MELO *et al.*, 2007).

Os Campos Gerais apresentam o formato de uma faixa que cruza o estado no sentido sul-norte, desde o município de Rio Negro, limite com o estado de Santa Catarina, até a divisa com o estado de São Paulo na altura do município de Sengés (MELO *et al.*, 2007). Na porção leste, os limites são a Escarpa Devoniana, formação geológica em forma de arco com mais de 250 quilômetros de extensão, que forma um degrau topográfico do tipo *cuesta* (escarpamento assimétrico de origem erosiva não tectônica) (FIGURA 3), resultante de um rebaixamento crustal, que delimita o Primeiro do Segundo Planalto Paranaense (MAACK, 2012).

Ao longo da linha que separa os dois planaltos ocorrem encostas verticais abruptas, com desníveis altimétricos que geralmente ficam entre 100 e 200 metros. No entanto, esses desníveis podem ultrapassar em certos locais mais de 300 metros, compondo muitas vezes *canyons* por onde correm rios encaixados, contendo margens florestadas (MELO *et al.*, 2007).



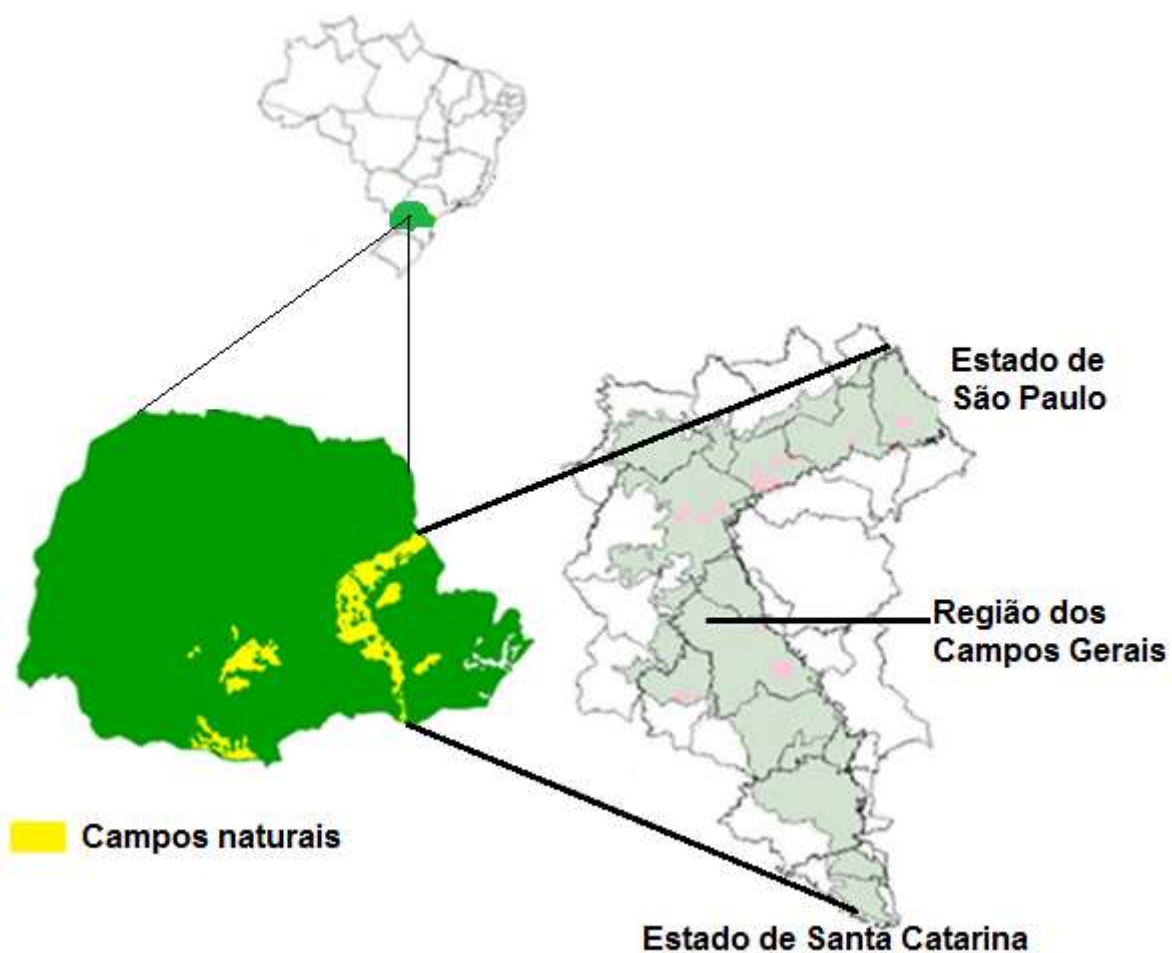


FIGURA 2 - Localização da região dos Campos Gerais no estado do Paraná  
 Fonte: www. Google (2014), elaborada pelo autor



FIGURA 3 - Vista da *cuesta* da Escarpa Devoniana que separa o Primeiro do Segundo Planalto Paranaense  
 Fonte: O autor (2014)

A região dos Campos Gerais está inserida no macro bioma Floresta Atlântica (MMA, 2000). Segundo Boldrini (2006), configura-se de um enclave no domínio da Floresta Ombrófila Mista (floresta com araucária), formando mosaicos compostos de vegetação de campos e de florestas. Para Behling (1997, 1998), compõe um mosaico de campos de altitude, relictos de cerrados, capões de floresta com araucária e afloramentos rochosos areníticos, que refletem na paisagem o equilíbrio atingido após a substituição de climas pretéritos mais frios e secos do Pleistoceno pelas condições mais úmidas e quentes da atualidade. Em muitos locais, a vegetação campestre perdura até hoje em função das queimadas regulares e do aproveitamento para o pastoreio extensivo, atividades que impedem ou retardam a expansão das florestas por sobre os campos.

De acordo com Melo; Moro e Guimarães (2007), os Campos Gerais abrangem 25 municípios do Paraná, sendo esses: Rio Negro, Campo do Tenente, Lapa, Porto Amazonas, Balsa Nova, Palmeira, Ponta Grossa, Campo Largo, Teixeira Soares, Cândido de Abreu, Ivaí, Ipiranga, Ortigueira, Tibagi, Carambeí, Castro, Imbaú, Reserva, Telêmaco Borba, Ventania, Piraí do Sul, Jaguariaíva, Senges, Arapoti e São João da Boa Vista.

### 1.2.2 Origem da expressão Campos Gerais

A origem da expressão Campos Gerais é controversa. Uma hipótese é a de que tenha sido baseada em critérios político-administrativos da região, outra é que estaria ligada às particularidades histórico-culturais (GUIMARÃES; MELO; MOCHIUTTI, 2009). No meio científico, a adoção do termo Campos Gerais teve como base a proposta apresentada pelo geólogo e explorador Reinhardt Maack, na qual a região é reconhecida por conta de atributos naturais, fitogeográficos e geomorfológicos intimamente relacionados à natureza da geodiversidade desta porção do território paranaense (MELO *et al.*, 2007).

Portanto, tecnicamente falando, a expressão "Campos Gerais" foi consagrada por Reinhard Maack, cujas viagens constantes a esta região do Paraná permitiram ao autor fazer uma ampla descrição de suas características ambientais primitivas, registrada em vários dos seus trabalhos, em especial, na sua obra mais conhecida, *Geografia Física do Estado do Paraná* (MAACK, 2012).

### 1.2.3 Região fitogeográfica

De acordo com Maack (2012), a região dos Campos Gerais constitui uma zona fitogeográfica natural de predomínio de campos, cobrindo uma área de aproximadamente 19.000 km<sup>2</sup>, que corresponde a cerca de 8,5% do território paranaense. Denominada por ele de “estepe de gramíneas baixas”, a vegetação dos campos é intercalada por manchas de cerrados e “matas ciliares” ao longo dos rios e arroios e de capões isolados com o dossel dominado pelo pinheiro *Araucaria angustifolia*.

Para o IBGE (1992; 2012) os Campos Gerais foram incluídos na região da Estepe Gramíneo-Lenhosa, que se caracteriza pela presença de um estrato herbáceo cespitoso constituído de duas sinúsias graminóides (hemicriptófitos e geófitos), entremeadas muitas vezes a um estrato arbustivo baixo (figura 4). Segundo Moro e Carmo (2007), a Estepe Gramíneo-Lenhosa apresenta tipologias diferenciadas, sendo, portanto, subdividida em estepe *stricto sensu* ou campo seco, estepe higrófila ou campo brejoso e refúgios vegetacionais rupestres, representados por áreas de campos dominadas por afloramentos de rocha que podem ou não estar recobertos por vegetação adaptada a este meio.



FIGURA 4 - Fitofisionomia da Estepe Gramíneo-Lenhosa  
Fonte: O autor (2014)

De acordo com Leite (2002), dentro do diversificado contexto fitoecológico sulbrasileiro, os Campos Gerais se inserem na área de abrangência da Estepe Ombrófila, que no caso do estado do Paraná, abrange todas as formações campestres distribuídas nos três planaltos.

Segundo Maack (2012), a região dos Campos Gerais se apresenta evolutivamente como um relicto de um antigo clima semiárido do período Plio-Pleistoceno. Representa, portanto, uma das vegetações mais antigas do Paraná, visto que as florestas somente começaram a se expandir pelos campos em um período mais recente, quando o clima mudou para chuvoso e úmido durante o período Holoceno. Com as mudanças climáticas verificadas a partir do Quaternário recente, as florestas começaram a avançar sobre os campos a partir de nascentes e margens de rios e córregos, processo que naturalmente deveria estar em curso nos dias atuais, porém, se encontra estagnado na maioria dos casos devida à interferência da ação antrópica na dinâmica evolutiva das Estepes (BEHLING, 1997, 1998).

Os Campos Gerais apresenta paisagem com aspecto singular caracterizado por extensas áreas abertas (campos) com alta homogeneidade fisionômica, com vegetação predominante herbácea com alturas que variam de 30 a 80 cm, desprovidas ou com pouca densidade de arbustos lenhosos. A vegetação florestal ocorre apenas em vales e depressões onde geralmente correm rios ou riachos, ou então, na forma de capões em locais com solos mais profundos. A região preserva paisagens de grande beleza cênica formadas pela interação da diversidade de ambientes ali presentes (FIGURA 5).



FIGURA 5 - Paisagens típicas da região dos Campos Gerais com relevante beleza cênica

Fonte: [www.naturezabrasileira.com.br](http://www.naturezabrasileira.com.br) (2014)

#### 1.2.4 Clima

De acordo com Cruz (2003, 2007), o clima da região dos Campos Gerais apresenta variações diretamente ligadas à sua localização e ao comportamento das variáveis meteorológicas: temperatura, precipitação, número de horas de insolação, umidade relativa do ar e sentido dos ventos. O autor descreve ainda que, assim como acontece em todo o estado do Paraná, o clima dos Campos Gerais está relacionado com alguns importantes mecanismos meteorológicos, destacando-se:

- a) a infiltração de massas de ar frio vindas do sul na região, principalmente durante a estação do inverno;
- b) a presença de ventos marítimos do leste que provocam chuvas orográficas na Serra do Mar, mas que ocasionalmente podem avançar pelos planaltos interiores, provocando chuvas contínuas de alta intensidade;
- c) ventos carregados de umidade provenientes da Amazônia assim como da região central do Brasil;
- d) variações na posição do Equador térmico e do anticiclone do Atlântico Sul que interferem na dinâmica climática regional e em todo o estado do Paraná, alterando significativamente as condições de precipitações, temperaturas, umidade relativa do ar e ventos.

Com base em dados de monitoramento climático regional feito pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2014) na região dos Campos Gerais ocorrem de acordo com a classificação de Köppen (TREWARTHA; HORN, 1980), dois tipos de clima:

a) Clima Cfa - clima subtropical com temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22 °C, com verões quentes. A ocorrência de geadas é pouco frequente e há tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Esse clima ocorre em poucas áreas da região, predominando nas porções de altitudes mais baixas.

b) Clima Cfb - presente nas porções mais elevadas dos planaltos do Paraná (em altitudes acima de 800 metros) é o clima que predomina em toda a região dos



Campos Gerais. Corresponde ao clima temperado propriamente dito, com verões frescos que apresentam temperaturas médias inferiores a 22 °C e invernos com temperaturas médias abaixo de 18 °C.

As áreas de ocorrência dos climas Cfa e Cfb na região dos Campos Gerais são apresentadas na Figura 6.

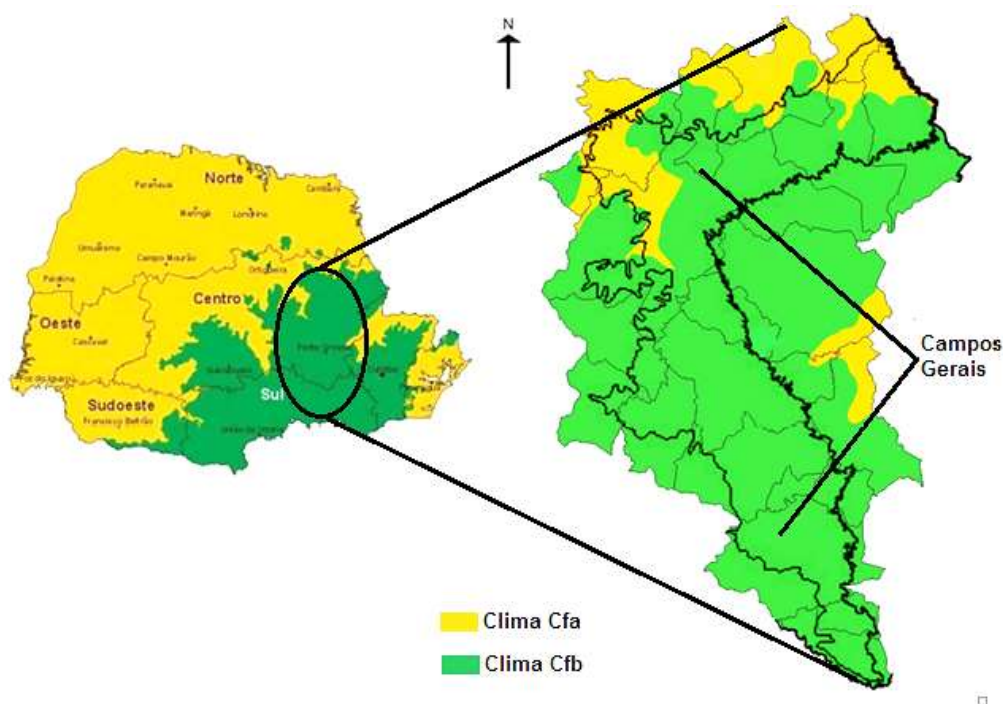


FIGURA 6 - Áreas de ocorrência dos climas Cfa e Cfb no estado do Paraná e na região dos Campos Gerais

Fonte: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597> (2014), elaborada pelo autor

A temperatura do ar em toda a região dos Campos Gerais sofre variações em diferentes porções de sua distribuição (FIGURA 7A), em função de diferentes fatores. A latitude é em princípio, a que mais influencia, levando-se em conta que a região apresenta significativa amplitude em decorrência de sua elevada extensão no sentido sul-norte. Além da latitude, também o relevo têm influência nas médias da temperatura regional, especialmente na porção norte que apresenta altitudes mais elevadas nas proximidades da *cuesta* que delimita o primeiro do segundo planalto (CRUZ, 2007).

Nos períodos mais quentes do ano as temperaturas médias ficam em torno dos 22 °C, enquanto que durante as estações mais frias, as temperaturas médias ficam abaixo de 18 °C. Os invernos podem ser bastante severos sendo comuns

temperaturas abaixo de 0 °C que provocam a formação de geadas num período médio de 10 a 25 dias anualmente (IAPAR, 2014). As geadas representam importante variável climática na região, com efeitos diretos sobre a ecologia da vegetação campestre. Ao provocarem a morte de parte da vegetação herbácea e arbustiva, geram um aumento de material combustível de fácil ignição, determinando assim, maior perigo de incêndios.

Quanto à insolação, existe uma variação da distribuição do número de horas em toda a região dos Campos Gerais, relacionada principalmente com as diferenças de latitude e de fatores climáticos como a nebulosidade, por exemplo, além de fatores orográficos. A porção norte é a que apresenta maior número de horas de insolação anual, ficando entre 2.220 a 2.400 horas. Para a porção central, o número de horas varia de 2.000 a 2.200 horas, enquanto que para a porção sul esse número varia de 1.800 a 2.000 horas (FIGURA 7B) (CRUZ, 2007).

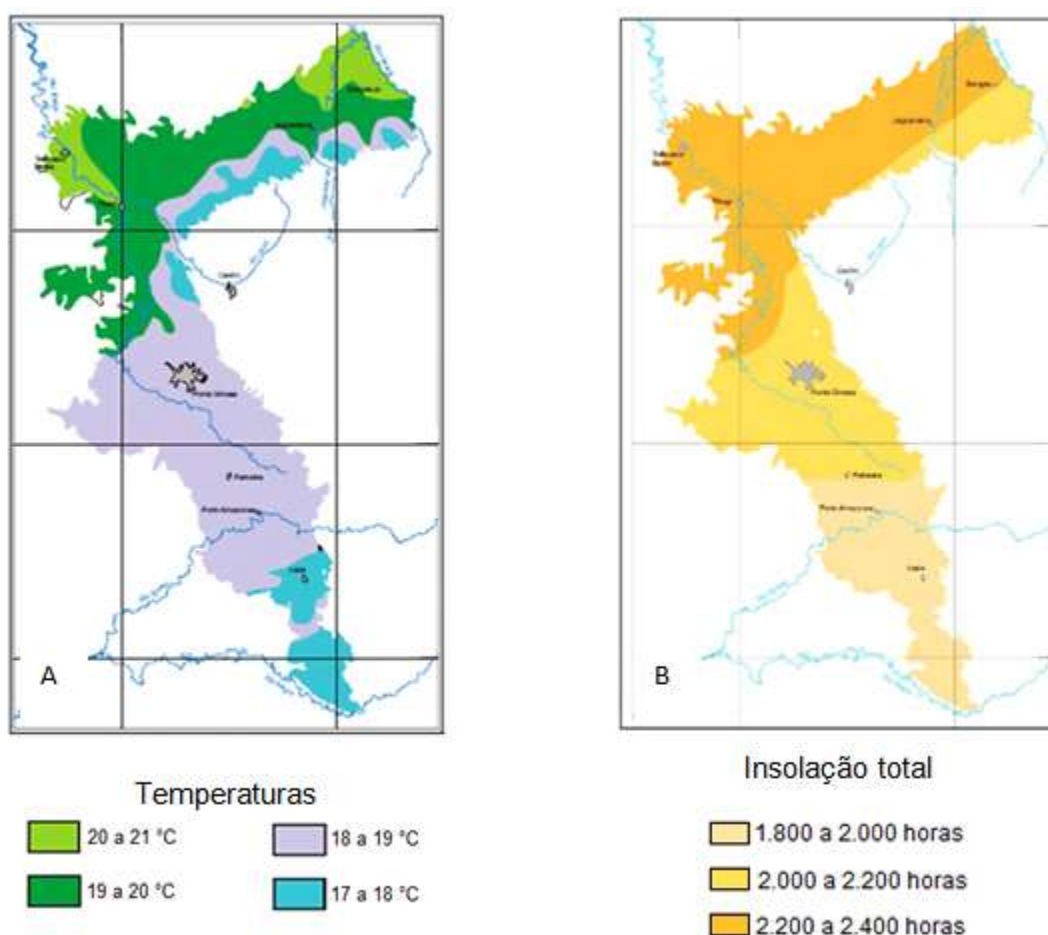


Figura 7 - Médias anuais de temperatura do ar (A) e de insolação total para a região dos Campos Gerais do Paraná  
Fonte: Cruz (2007)

As chuvas são frequentes e relativamente bem distribuídas ao longo do ano, não havendo estação seca definida. A precipitação média anual nos Campos Gerais fica entre 1.200 e 1.800 mm (FIGURA 8A), com a maior parte da região apresentando índices entre 1.400 e 1.500 mm. A estação do verão geralmente é a mais chuvosa, com médias mensais acima dos 150 mm. No inverno, especialmente nos meses de agosto e setembro, são registrados os menores índices pluviométricos, com valores abaixo de 100 mm (CRUZ, 2007).

A umidade relativa do ar apresenta elevados valores médios para a região, interferindo no equilíbrio da temperatura e consequentemente nas atividades biológicas. As médias mensais podem variar em diferentes locais, predominando, no entanto, na maior parte da região valores na faixa entre 60 e 85% (FIGURA 8B).

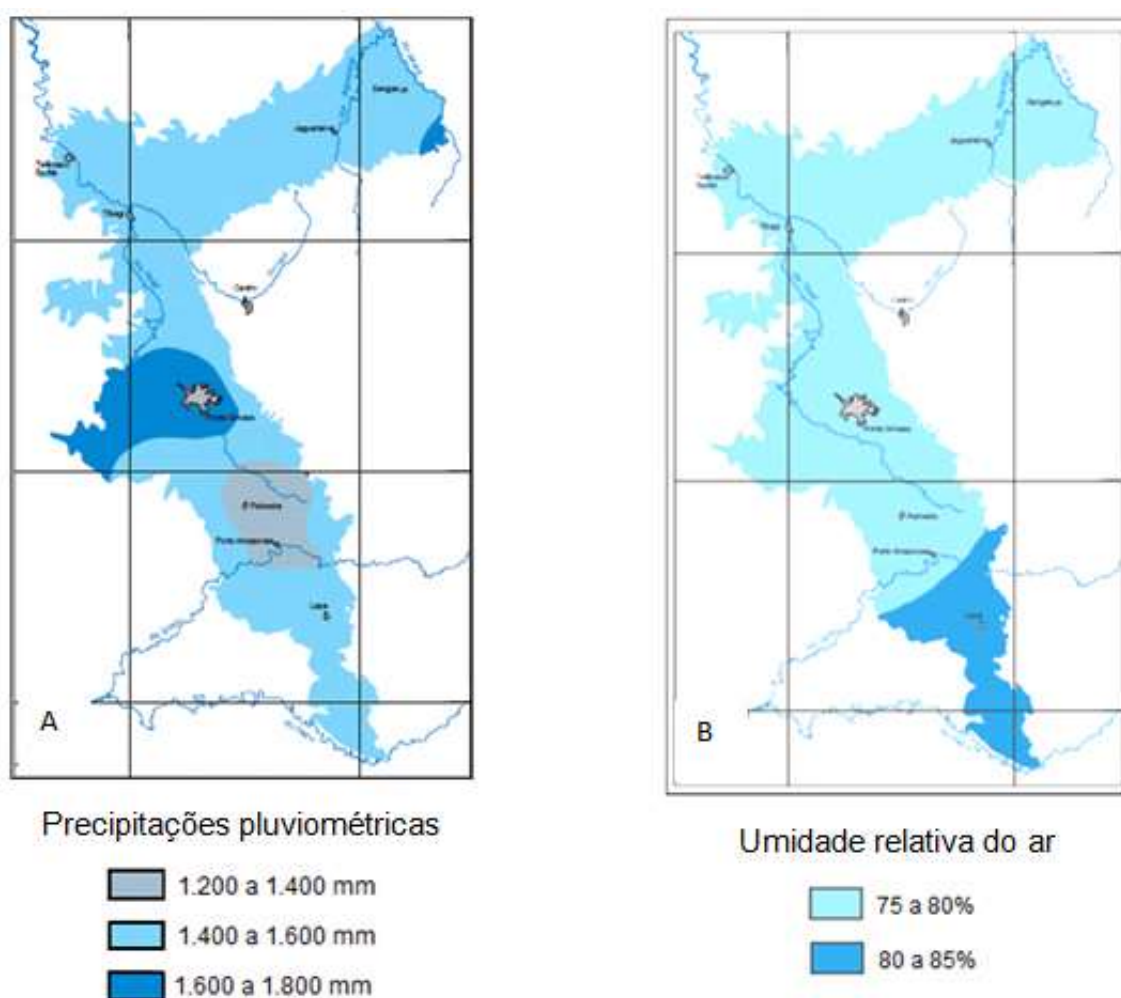


FIGURA 8 - Médias anuais de precipitações pluviométricas (A) e de umidade relativa do ar (B) para a região dos Campos Gerais do Paraná  
Fonte: Cruz (2007)



Os ventos sopram com intensidade na região dos Campos Gerais devido à sua localização e cobertura vegetal baixa. A direção dos ventos é bem dinâmica podendo mudar com frequência (BURGARDT; LIMA LEITE; VIRGENS FILHO, 2011). O sentido predominante dos ventos difere para as distintas porções dos Campos Gerais. Na porção norte predominam ventos do sentido sudeste. Para a porção central, a predominância é de ventos de sentido nordeste, enquanto que para a porção sul, predominam ventos de sentidos nordeste e leste, conforme mostrado na Figura 9 (IAPAR, 2014).

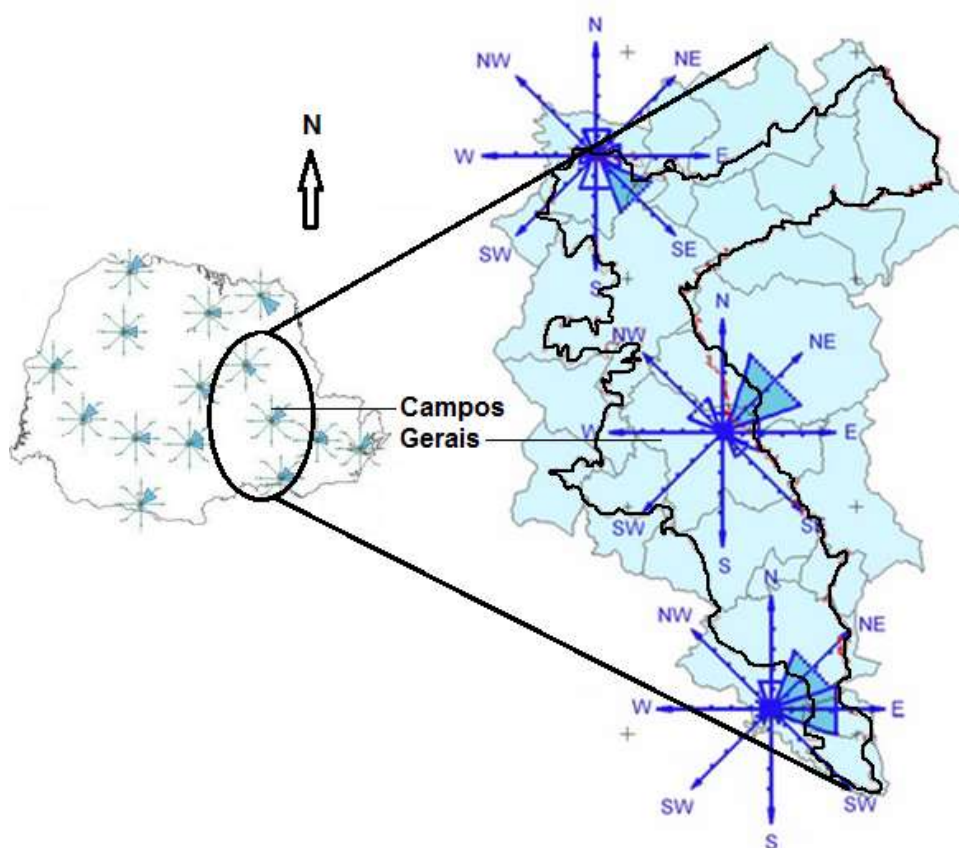


FIGURA 9 - Direção predominante dos ventos na região dos Campos Gerais  
Fonte: [www.pr.gov/iapar/sma/Rosa-dos-ventos.htm](http://www.pr.gov/iapar/sma/Rosa-dos-ventos.htm) (2014), elaborada pelo autor

#### 1.2.5 Solos

De acordo com Sá (2007), os solos dos Campos Gerais são em grande parte arenosos e derivados, sobretudo, do Arenito Furnas e unidades arenosas do Subgrupo Itararé. Em geral, são rasos e com pouca disponibilidade de nutrientes pelo fato de terem sido formados pela degradação de rochas do tipo arenito, ricas

em quartzo. Por se constituir de um mineral bastante resistente ao intemperismo, o quartzo não sofre as reações químicas responsáveis pela transformação dos minerais primários em argilominerais. Por essa razão, os solos de muitas áreas dos Campos Gerais são constituídos principalmente de areia e silte. Essa composição apresenta baixa capacidade de carga (capacidade de troca catiônica) e também baixo potencial de retenção ou armazenamento de matéria orgânica, água e nutrientes, sendo esta uma das razões da baixa fertilidade do solo regional.

Segundo a mesma autora, esta não é uma regra geral para todos os solos da região, pois uma parte considerável dos solos locais teve origem da degradação de rochas do tipo folhelhos e argilitos, compostos predominantemente de argila e silte e que resultam na formação de solos do tipo argilosos e muito argilosos. Também há na região solos profundos porosos e com boa estruturação e drenagem, formados pelo carreamento de material sobre um relevo suavemente ondulado com predominância de vertentes convexas.

Onze classes de solos (FIGURA 10) ocorrem na região dos Campos Gerais, pertencentes a seis ordens: Latossolos, Cambissolos, Neossolos, Argilossolos, Gleissolos e Organossolos. A descrição dessas classes de solos é apresentada em seguida de acordo com a classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999):

I – Latossolos: são solos profundos e bem drenados, ácidos e de baixa fertilidade, podendo apresentar toxidez por alumínio para as plantas. Entretanto, a profundidade do solo associada ao relevo suave os torna de boa aptidão agrícola, desde que corrigida a fertilidade química;

II – Cambissolos: são solos rasos a profundos, em processo de transformação, e em geral ocorrem em áreas de maior altitude com baixas temperaturas. São de forte acidez e baixa disponibilidade de nutrientes;

III – Neossolos: são solos pouco desenvolvidos e normalmente rasos, de formação muito recente, encontrados nas mais diversas condições de relevo e drenagem;

IV – Argissolos: são solos que possuem horizonte subsuperficial argiloso, geralmente profundos e bem drenados. Podem apresentar limitações químicas devido à baixa fertilidade natural, forte acidez e alta saturação por alumínio, sendo também de alta suscetibilidade à erosão e degradação;

V – Gleissolos: são solos pouco profundos, mal drenados, de cor acinzentada ou preta e ocorrem em depressões com baixa declividade;

VI – Organossolos - compreende solos de natureza predominantemente orgânica. Geralmente são solos fortemente ácidos, apresentando alta capacidade de troca de cátions e baixa saturação por bases (distróficos), apresentando por vezes, teor de alumínio elevado.

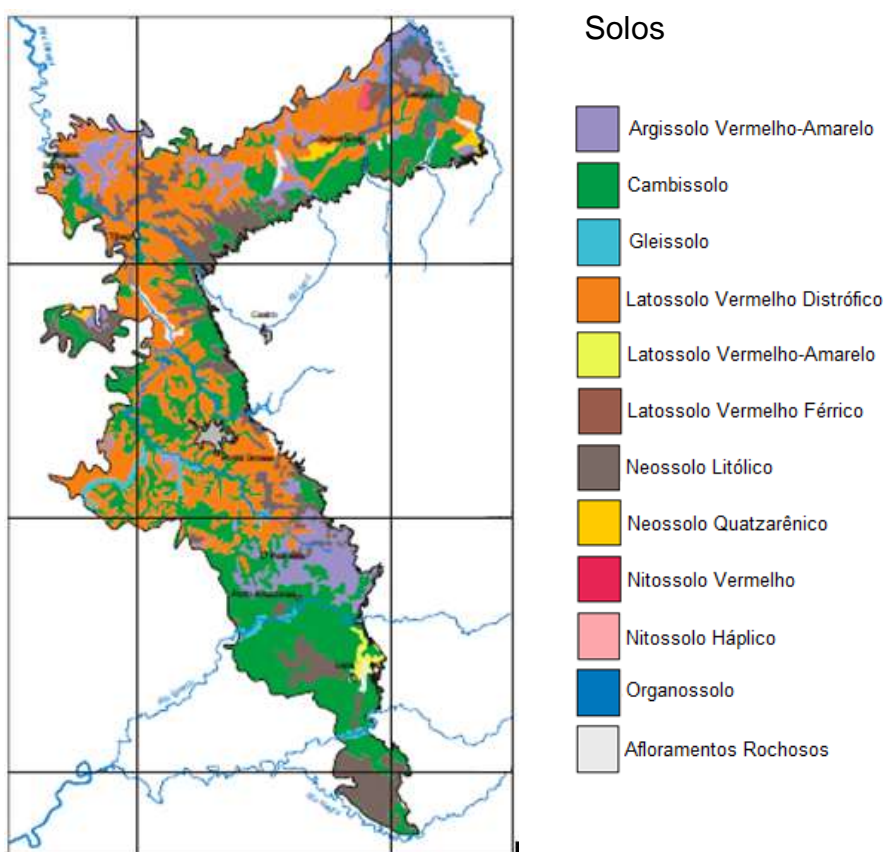


FIGURA 10 - Principais classes de solos presentes nos Campos Gerais  
Fonte: Sá (2007)

As condicionantes pedológicas dos Campos Gerais, onde se verifica a exposição do substrato rochoso em muitas áreas, são determinantes na seleção das espécies vegetais que aí se desenvolvem, sendo capins (poáceas) e outras herbáceas pertencentes à várias famílias as espécies dominantes (DALAZOANA; BARBOSA; MORO, 2014).

#### 1.2.6 Vegetação dos Campos Gerais

A vegetação campestre da região dos Campos Gerais é constituída de alta diversidade de espécies, tendo como característica marcante a presença de plantas herbáceas e subarborescentes, compostas por hemicriptófitas (com órgão de crescimento protegido ao nível do solo), geófitas (órgão de crescimento protegidos no subsolo), terófitas (com ciclo anual) e nanofanerófitas representadas por plantas lenhosas anãs e com órgão de crescimento acima do solo. Além da alta biodiversidade, a região é detentora de elevado número de espécies endêmicas, seriamente ameaçadas pelo ritmo acelerado da alteração dos campos devido à atividade antrópica (MORO; CARMO, 2007).

De acordo com Kozera (2008), algumas famílias botânicas são muito ricas em número de espécies como, por exemplo: Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Cyperaceae, Apiaceae, Rubiaceae e Verbenaceae. Grande parte das espécies faz parte dos grupos das xerófitas e esclerófitas, que abrangem plantas que habitam ambientes com escassez de água em determinados períodos do ano, possuindo, portanto, adaptações específicas de tecidos que acumulam água para sustentação da planta em períodos críticos (RIZZINI; COIMBRA FILHO; HOUAISS, 1988).

As espécies deste ambiente estão adaptadas à insolação direta e abundante, além de ventos constantes que favorecem a seleção e fixação de espécies adaptadas às condições secas (MAACK, 2012). Além disso, outros fatores influenciam na composição de espécies da vegetação regional, tais como, a profundidade do solo e as condições de drenagem, fazendo com que grande parte das espécies tenha que se estabelecer em condições de baixa capacidade de retenção de água e alta evaporação (MORO; CARMO, 2007).

Para suportar as condições climáticas da região, a maioria das plantas possuem estruturas morfológicas que lhes conferem maior resistência à exposição da alta incidência de luz solar e de altos índices de evapotranspiração, além da ação das geadas e queimadas anuais (LEITE; KLEIN, 1990; MAACK, 2012).

No estrato herbáceo, a família Poaceae representada por diferentes tipos de capins é amplamente dominante, tendo as espécies desta família como um dos mecanismos de adaptação o “xeromorfismo”, ou seja, adaptação a ambientes secos. O sucesso dessas plantas em se estabelecer está ligado à variabilidade e versatilidade de suas formas biológicas, adaptadas às pressões do regime hídrico, passagem frequente do fogo, ação de herbívoros e do ser humano. Ao contrário de muitas outras plantas, os capins que ocorrem na região possuem mecanismos de

adaptação a ambientes secos, muitas delas com rizomas (caules subterrâneos) de crescimento ativo, enraizamento denso e sementes abundantes (MORO; CARMO, 2007).

Segundo as mesmas autoras, as demais plantas pertencentes a outras famílias que compõe o estrato herbáceo também apresentam adaptações xeromorfas, especialmente caules subterrâneos (rizomas, xilopódios ou bulbos) que são resistentes às intempéries climáticas sazonais, especialmente geadas, e também às queimadas anuais. De acordo com Maack (2012), outras adaptações morfológicas das plantas campestres do estrato herbáceo são a presença de folhas coriáceas ou carnosas, ou então, folhas de tamanho reduzido ou mesmo ausentes, cutículas espessas e brilhantes, além de epidermes grossas e reforçadas que diminuem o aquecimento das folhas e, conseqüentemente, a transpiração excessiva. Em muitas espécies, há presença de pilosidades nos caules e nas folhas que, assim como acontece com tecidos grossos, ajudam a acumular água na planta. Algumas apresentam óleos essenciais, que conferem forte odor ou sabor, que em muitos casos, serve de mecanismo de defesa contra a predação de animais. Várias espécies de determinadas famílias como Poaceae, Asteraceae e Cyperaceae, dentre outras, podem ainda apresentar adaptações em relação ao fator eólico, como, por exemplo, uma grande pilosidade dos diásporos e a modificação do cálice, o que favorece a dispersão dos diásporos por meio do vento.

Além das espécies com adaptações à escassez de água, ocorrem também na região dos Campos Gerais espécies adaptadas à saturação hídrica do solo. Essas espécies, representadas principalmente por herbáceas das famílias Cyperaceae, Xyridaceae, Apiaceae e Juncaceae, se estabelecem em pequenas depressões ou declives onde a água se acumula, formando os campos hidromórficos, compondo uma comunidade florística em parte diferenciada da dos campos secos (MAACK, 2012).

Em nível específico, ainda não há uma listagem conclusiva a respeito da quantidade de espécies florísticas que ocorrem nos Campos Gerais. No entanto, pode-se considerar que a riqueza de espécies é alta, conforme demonstrado em vários estudos realizados na região (ESTEVAN, 2006; CERVI *et al.*, 2007; DALAZOANA; SILVA; MORO, 2007; KOZERA, 2008; ANDRADE, 2010; DALAZOANA; MORO, 2011; DALAZOANA; BARBOSA; MORO, 2014). Em princípio, já foram registradas espécies pertencentes a aproximadamente 70 famílias, sendo

que algumas apresentam alta diversidade, como Asteraceae (com mais de 100 espécies), Poaceae, Fabaceae, Cyperaceae, Melastomataceae e Rubiaceae, dentre outras (MORO; CARMO, 2007).

Na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Dalazoana, Barbos e Moro (2014) levantaram um total de 707 táxons pertencentes a 103 famílias botânicas, com as famílias mais abundantes sendo: Asteraceae, Poaceae e Fabaceae. Na mesma unidade de conservação, Dalazoana e Moro (2011) levantaram em áreas impactadas pela visitação pública um total de 107 espécies distribuídas em 23 famílias botânicas, além de três espécies que não foram identificadas em qualquer nível. Neste estudo também as famílias com maior riqueza de espécies foram: Asteraceae (24), Poaceae (24) e Fabaceae (14).

No Parque Estadual de Vila Velha, Cervi *et al.*, (2007) registraram, durante um trabalho de longa duração, um total de 1322 espécies florísticas, sendo 976 táxons para o ambiente de estepes e 346 para o ambiente florestal (capões). Algumas famílias apresentaram grande riqueza de espécies, sendo essas: Asteraceae (208), Poaceae (146), Leguminosae (108), Orchidaceae (85), Myrtaceae (51), Cyperaceae (46), Rubiaceae (43), Euphorbiaceae (36) e Melastomataceae (35). Também no Parque Estadual de Vila Velha, Dalazoana *et al.* (2007) identificaram 95 táxons pertencentes a 36 famílias, além de 10 que não foram identificados nem ao nível de gênero. Dentre as famílias com maior número de espécies se destacaram Asteraceae (31), Poaceae (21) e Cyperaceae (6).

Nos campos naturais do município de Ventania, Estevan (2006) registrou 191 espécies de herbáceas e arbustivas, pertencentes a 96 gêneros e 45 famílias, sendo as mais representativas em espécies: Asteraceae (31), Poaceae (17), Fabaceae (13), Rubiaceae (10), Melastomataceae e Ciperacea (9).

Kozera (2008), em trabalho realizado em um campo mesófilo na confluência do rio dos Papagaios com o rio Iguaçu, no município de Balsa Nova, registrou 428 espécies, apontando Asteraceae (com 40 espécies), Poaceae (26) e Cyperaceae (19) como sendo as famílias mais representativas.

Andrade (2010) em estudo realizado na área das nascentes do rio Tibagi (municípios de Ponta Grossa e Palmeira), registrou a ocorrência de 146 espécies botânicas, sendo 132 pertencentes ao grupo das Angiospermas e 14 às samambaias e licófitas. As famílias com maiores riquezas de espécies foram: Asteraceae (27), Poaceae (24), Cyperaceae (18), Eriocaulaceae (6),

Melastomataceae (5), Solanaceae (5) e Xyridaceae (5), sendo que essas famílias compreenderam 68% do total de espécies registradas.

A família Asteraceae, como observado nos estudos citados, apresenta expressiva diversidade florística, assim como, populacional. As espécies dessa família apresentam hábitos variados, ocorrendo em ambientes distintos. Durante o período de floração conferem aos campos um colorido exuberante e multicolor. De acordo com a literatura (CERVI *et al.*, 2007; DALAZOANA; SILVA; MORO, 2007; KOZERA, 2008; ANDRADE, 2010; DALAZOANA; MORO, 2011; DALAZOANA; BARBOSA; MORO, 2014), as espécies de Asteraceas que se destacam na região dos Campos Gerais: *Aspilia montevidensis*, *Baccharis milleflora*, *B. uncinella*, *B. trimera*, *B. multiflora*, *B. axilaris*, *Chaptalia integerrima*, *Chaptalia graminifolia*, *Calea cuneifolia*, *C. parvifolia*, *Elephantopus mollis*, *Emilia sonchifolia*, *Erigeron bonariensis*, *Eupatorium tanacetifolium*, *E. serratum*, *E. laevigatum*, *Senecio brasiliensis*, *S. bonariensis*, *S. oleosus*, *Vernonia nudiflora* e *V. brevifolia*. A família Poaceae também apresenta alta diversidade de espécies, com destaque para as seguintes: *Andropogon lateralis*, *A. bicornis*, *Aristida palens*, *Axonopus marginatus*, *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria insularis*, *Eragrostis pilosa*, *Melinis minutiflora*, *Panicum demissum*, *Paspalum* sp., *Rhynchelytrum roseum* e *Setaria poiretiana*.

De acordo com as mesmas referências, para a família Fabaceae se destacam vários táxons hebéceos característicos dos campos de altitude do sul do Brasil, como por exemplo: *Cassia rotundifolia*, *Chamaecrista rotundifolia*, *Collaea speciosa*, *Crotalaria balaensae*, *Dalbergia frutescens*, *Desmodium barbatum*, *Eriosema camprestre*, *Galactia benthamiana*, *Lotus corniculatus*, *Machaerium stipitatum*, *Mimosa flocculosa*, *Stylosanthes bracteata*, *Trifolium repens*, *Vicia sativa* e *Zornia reticulata*. Para a família Apiaceae destacam-se espécies do gênero *Eryngium*, tais como: *Eryngium ebracteatum*, *E. eriophorum*, *E. elegans*, *E. horridum*, *E. junceum* e *E. pristis*. Outras espécies que também ocorrem na região são: *Apium leptophyllum*, *Centella asiatica*, *Hydrocotyle quinqueloba* e *H. ranunculoides*. Em relação à família Cyperaceae (geralmente associada a ambientes mais úmidos) destacam-se: *Bulbostylis capillaris*, *Carex sellowianna*, *Cyperus brevifolius*, *C. diffornius*, *C. sculentus*, *Eleocharis montana*, *Fimbristylis squarosa*, *Rhynchospora uniflora*, *R. globosa* e *Scleria hirtella*.

De acordo com Boldrini (2009), o clima frio associado à alta precipitação pluviométrica e altitudes elevadas, promoveram em toda a região dos campos do

Planalto Meridional o surgimento de muitos endemismos. Dessa forma, muitas das plantas evoluíram e se adaptaram aos ambientes da região, tornando-se exclusivas desta. Segundo a autora, já foram registradas em torno de 110 espécies de plantas endêmicas na região, podendo haver um aumento desse número com o incremento de pesquisas. Para os Campos Gerais do Paraná, Cervi e Hatschbach (1990), em pesquisa realizada no Parque Estadual de Vila Velha listaram um total de 27 espécies como sendo raras e endêmicas dessa região.

Devido ao grande número de endemismos, a região dos Campos Gerais apresenta várias espécies com situação crítica quanto à conservação. De acordo com a lista vermelha da flora do Paraná, das 593 espécies apontadas como ameaçadas no estado, 174 (29,3%) tem ocorrência na Estepe (MORO; CARMO, 2007).

#### 1.2.7 A ocupação humana dos Campos Gerais

Muito tempo antes da chegada dos primeiros europeus, os Campos Gerais eram habitados por populações indígenas distintas (BEHLING, 1997, 1998). Vários sítios arqueológicos presentes na região dão conta de que a ocupação humana na região é bastante antiga, sendo inicialmente feita por povos ameríndios nômades caçadores-coletores e agricultores itinerantes, desde o período Holoceno, há aproximadamente 10.000 anos Antes do Presente (AP). Posteriormente, entre 4.000 e 2.000 mil anos AP, se estabeleceram na região agricultores-ceramistas que ocupavam as terras altas da região sul brasileira (PARELLADA, 2007).

Após o descobrimento do Brasil, a região foi inicialmente ocupada pelo luso-brasileiro em sistema de grande propriedade e criação bovina a partir do século XVIII (MENEGUZZO; ALBUQUERQUE, 2009). Graças às extensas pastagens naturais com boa água e relevo suave sugeriram inúmeras internadas na região, que posteriormente se engajaram na rota do tropeirismo. O tropeirismo (FIGURA 11), evento de grande importância econômica para o Brasil na época, consistiu no deslocamento de tropas de muares e gado de abate provenientes dos estados do sul com destino aos mercados de São Paulo e regiões mineradoras de Minas Gerais (ROCHA; WEIRICH NETO, 2007). Os Campos Gerais representaram durante o período do tropeirismo o corredor de ligação entre as regiões reprodutoras do sul com os mercados de compras de animais do sudoeste do Brasil.



Com o evento do tropeirismo, a região dos campos nativos do segundo planalto paranaense foi progressivamente ocupada, culminando em acirradas disputas de terras. Isto fez com que a coroa portuguesa intervisse e comesçasse a expedir cartas de sesmarias em favor de pessoas de prestígio político ou então fiéis a ela (MELO *et al.*, 2007). A região passou então a ser ocupado por enormes latifúndios alavancados basicamente por três atividades: criação de gado para venda em mercados de compra de São Paulo; aluguel de invernadas para as tropas vindas do sul e atividades ligadas ao tropeirismo (compra de animais, engorda e posterior revenda na feira de Sorocaba - SP) (ROCHA; WEIRICH NETO, 2007).



FIGURA 11 - Tropeiros de passagem pela região dos Campos Gerais do Paraná  
Fonte: [www.google.com.br/search?q=mapa+da+rota+dos+tropeiros](http://www.google.com.br/search?q=mapa+da+rota+dos+tropeiros) (2014)

Com o passar do tempo, locais de pousos ou currais ao longo da rota dos tropeiros (conhecido por Caminho do Viamão) deram origem a várias vilas e povoados, atualmente centros urbanos inseridos na região dos Campos Gerais, como Lapa, Ponta Grossa e Castro dentre outros.

Na segunda metade do século XIX a criação de gado começou a perder força na região dos Campos Gerais devido às constantes partilhas hereditárias das fazendas e ao inadequado manejo que era feito das pastagens, gerando a diminuição da capacidade de produção dos campos. A partir da década de 1870, novos imigrantes europeus começaram a se estabelecer na região, mantendo inicialmente a cultura de criação de gado, que foi paulatinamente sendo substituída pela agricultura, atualmente principal fonte econômica regional (ROCHA; WEIRICH NETO, 2007).

### 1.2.8 O uso do fogo para manejo da vegetação

O uso do fogo para o manejo da vegetação em toda a região dos campos sulinos é algo que data de milhares de anos, tendo se intensificado em torno de 7.500 anos AP (período Holoceno) pelos povos primitivos que povoavam a região (BEHLING *et al.*, 2004; BEHLING; PILLAR, 2007). Além da queima da vegetação, o fogo também era utilizado para finalidades distintas, dentre outras, proteção contra o frio e animais selvagens, cultivos, caça e rituais religiosos (FIDELIS; PIVELLO, 2011).

Na região dos Campos Gerais do Paraná, o fogo também tem sido utilizado para as mesmas finalidades desde tempos remotos, que datam de aproximadamente 4.000 AP, quando povos agricultores-ceramistas ali se estabeleceram (PARELLADA, 2007). Estudos palinológicos indicaram um considerável aumento da quantidade de carvão presente em sedimentos lacustres a partir do Holoceno, atingindo maior concentração a partir de 3.000 AP. Esses resultados evidenciam que após a ocupação mais expressiva da região pelos povos primitivos (ameríndios), houve um aumento do uso do fogo como instrumento de manejo da vegetação regional (BEHLING, 1997).

Com a chegada dos europeus, o fogo continuou a ser usado para o manejo da vegetação campestre, especialmente após o período de inverno, quando ocorria a morte de grande parte das plantas pelo frio intenso. Com a economia da região centrada principalmente na criação de gado, o processo de queima favorecia a pecuária nos padrões da época, a partir do momento que o uso do fogo propiciava a renovação da vegetação herbácea (principalmente poáceas, cyperaceas e fabaceas) enriquecendo nutritivamente os pastos. Com o evento do tropeirismo, os campos começaram a ser manejados em maior escala, com queimadas mais frequentes. Para simbolizar a posse de suas terras, os sesmeiros praticavam regularmente a queima dos campos, processo este que devido à sua frequência, deu início a acentuada interferência humana e descaracterização da paisagem primitiva da região (ROCHA; WEIRICH NETO, 2007).

A partir do momento em que as grandes propriedades (Sesmarias) começaram a sofrer a divisão contínua das terras em face do crescimento populacional, os campos foram sendo utilizados de forma mais intensiva e conseqüentemente, manejados com maior regularidade com o uso do fogo, o que

provocou a queda produtiva das pastagens e da rentabilidade das propriedades. Com a queima constante dos pastos e o pisoteamento pelos animais, as espécies mais apreciadas pelo gado (principalmente poáceas e fabáceas) começaram a rarear, sendo substituídas por espécies de outras famílias e por subarbustos. Mesmo apresentando sinais de degradação, os pastos recuperavam seu status de produtividade quando permaneciam em descanso por um período prolongado de tempo e, quando poupados da passagem frequente do fogo (ROCHA; NETO, 2007).

As queimadas para manejo de pastagens ainda fazem parte da cultura popular da região, sendo realizadas com certa frequência, conforme pode ser verificado em algumas fazendas próximas à área onde foram realizadas as coletas de dados de campo para este trabalho (FIGURA 12). Além das queimadas, também são relativamente comuns incêndios que consomem a vegetação dos campos em vários locais, sendo esses incêndios iniciados de forma direta ou indireta pela ação antrópica, tendo início especialmente ao longo de estradas e rodovias que cortam a região dos campos.



FIGURA 12 - Queimada de campos para renovação de pastagens em área lindeira à Fazenda Santa Rita/RPPN Caminho das Tropas  
Fonte: Igor Takashina (2014)

#### 1.2.9 Estado de conservação dos Campos Gerais

De acordo com o Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO, 2002), os campos naturais apresentam alto potencial biótico, com uma exuberante riqueza de espécies, considerados, portanto, atualmente como um *hotspot* de biodiversidade, demandando assim estratégias emergenciais para a sua conservação. O estado atual de conservação dos Campos Gerais é resultado de um processo histórico de colonização e de uso do solo. As formações vegetais campestres, em suas diversas fisionomias, há milhares de anos vem sofrendo com a pressão antrópica cada vez mais significativa. Até algumas décadas atrás, a região dos Campos Gerais era considerada como uma das formações fitoecológicas em melhor estado de conservação do Paraná. No entanto, a substituição da pecuária extensiva pelo agronegócio e plantios florestais mudou este cenário, com a eliminação de áreas naturais de campos numa escala jamais vista (MORO; CARMO, 2007).

A descaracterização dos Campos Gerais é nítida, restando atualmente muito pouco da Estepe Gramíneo-Lenhosa que não foi convertida para usos econômicos. As poucas áreas que restaram localizam-se principalmente em espaços inadequados à mecanização do solo para agricultura ou silvicultura (geralmente em relevos acidentados ou onde ocorrem afloramentos rochosos), ou então, em unidades de conservação da região. O resultado da intervenção antrópica é a perda da biodiversidade de uma formação fitoecológica da qual existe pouca informação científica sobre os processos ecológicos naturais (ZILLER; GALVÃO, 2002).

O processo de degradação dos campos teve início desde que os primeiros habitantes humanos se estabeleceram na região, sofrendo gradativo aumento durante o período do tropeirismo e em anos mais recentes com a expansão da agricultura e da silvicultura. A ação antrópica é, assim, efetivamente uma grande ameaça aos ecossistemas de campo, com a tendência de provocar uma redução ainda maior das poucas áreas de campos com vegetação nativa que ainda restam (DALAZOANA; MORO, 2011).

A atividade que mais tem alterado a paisagem dos Campos Gerais é a expansão da agricultura, especialmente milho e soja (FIGURAS 13A e 13B), que nas últimas décadas sofreu grande incremento na região. Também a silvicultura (FIGURA 14A), através de povoamentos de espécies de pinus (*Pinus* sp.) tem contribuído de forma significativa para este quadro de alteração. Além da ocupação de grandes áreas pertencentes a empresas do setor florestal instaladas na região,

os povoamentos de pinus são fonte de contaminação de áreas vizinhas (FIGURA 14B), fazendo com que áreas de campos nativos sejam continuamente invadidas por essa espécie vegetal (contaminação biológica), ameaçando a biodiversidade regional (ZILLER; GALVÃO, 2002). Outra forma de degradação dos campos é a procura para fins turísticos, recreacionais e de aventura, tendo em vista que muitas áreas apresentam grande beleza cênica. O deslocamento de grande número de pessoas a determinadas áreas pode contribuir com a degradação de ambientes naturais com vegetação campestre (RETZLAF; STIPP, 2004).



FIGURA 13 - Uso do solo dos Campos Gerais para agricultura: milho (A) e soja (B)  
Fonte: o autor (2014)



FIGURA 14 - Povoamentos de pinus em áreas de campos nativos (A) e dispersão (contaminação) de áreas do entorno (B)  
Fonte: o autor (2014)

Devido às poucas áreas intactas que ainda restam e às ameaças que sobre estas recaem, é de suma importância a conservação de amplas áreas de campos o

menos impactadas possível, para que a flora e a fauna desses ecossistemas sejam preservadas. Muito embora sejam relevantes à conservação, infelizmente as formações dos Campos Gerais do Paraná, assim como toda a extensão dos Campos Sulinos, têm despertado pouco interesse das instituições ligadas ao estabelecimento das políticas e ações conservacionistas. Este desinteresse certamente está ligado ao pouco conhecimento que se tem sobre os campos e provavelmente também à ideia errônea de que os campos são formações homogêneas e pouco diversas (MENEGUZZO; ALBUQUERQUE, 2009).



## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 LOCALIZAÇÃO

O trabalho foi desenvolvido na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Caminho das Tropas (coordenadas centrais de 25°20'53" S e 49°47'39" O) localizada no município de Palmeira, estado do Paraná (FIGURA 15).

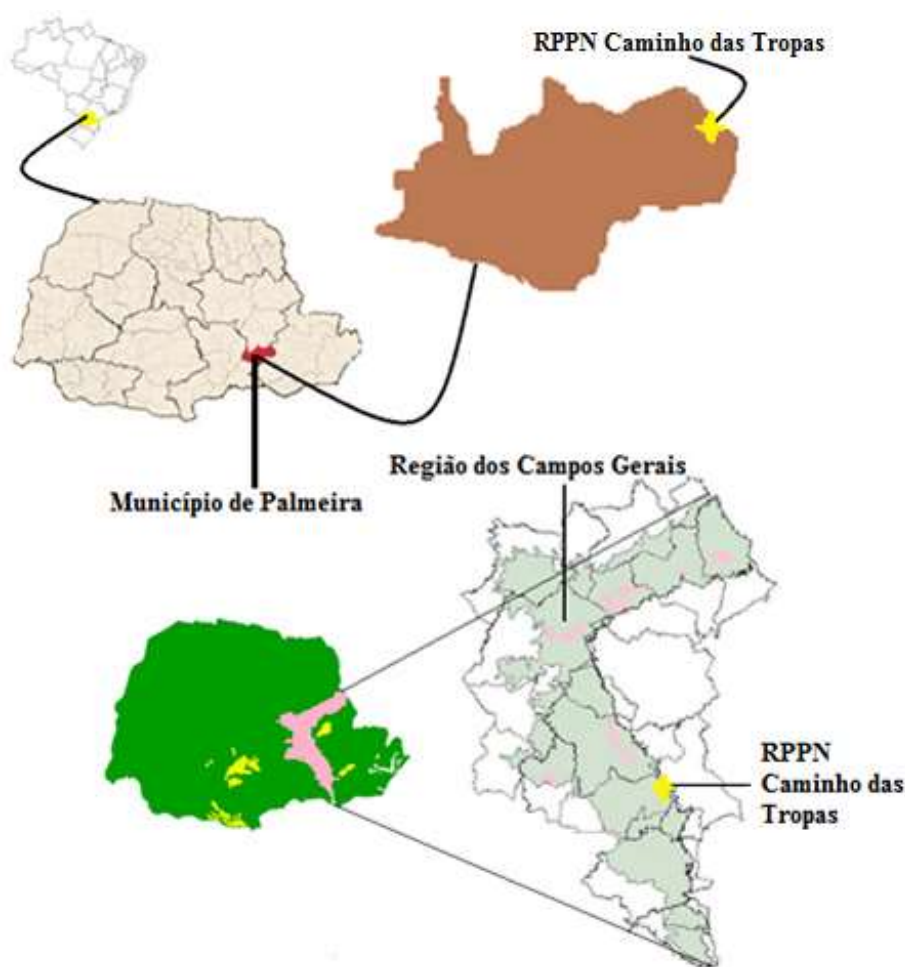


FIGURA 15 - Localização da RPPN Caminho das Tropas no município de Palmeira e região dos Campos Gerais do Paraná

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br) (2014), elaborada pelo autor

Criada no ano de 2008 pela portaria de nº 188/08 do Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 2014), a RPPN Caminho das Tropas tem uma área de 189,70 hectares e faz parte da Fazenda Santa Rita. Nesta fazenda, o uso do solo (incluindo a área da atual RPPN) foi durante muito tempo direcionado especificamente à criação de

gado, com o manejo das pastagens sendo feito anualmente por meio de queimadas. As queimas eram feitas sempre ao final do inverno e início da primavera, entre os meses de agosto e setembro, período do ano em que grande parte da vegetação campestre se encontra morta pela ação das geadas. Atualmente, o solo da fazenda tem uso diversificado, com criação de gado e ovinos em parte da propriedade com pastagens manejadas, e, em outra parte, pratica-se a agricultura (soja e milho) e silvicultura (povoamentos de pinus). Outra parte da propriedade foi destinada à conservação ambiental, através da criação de duas Reservas Particulares do Patrimônio Natural, uma delas denominada de RPPN Botuquara (227 hectares) e a outra de RPPN Caminho das Tropas (190 hectares). As duas unidades totalizam uma área de 417 hectares (FIGURA 16).

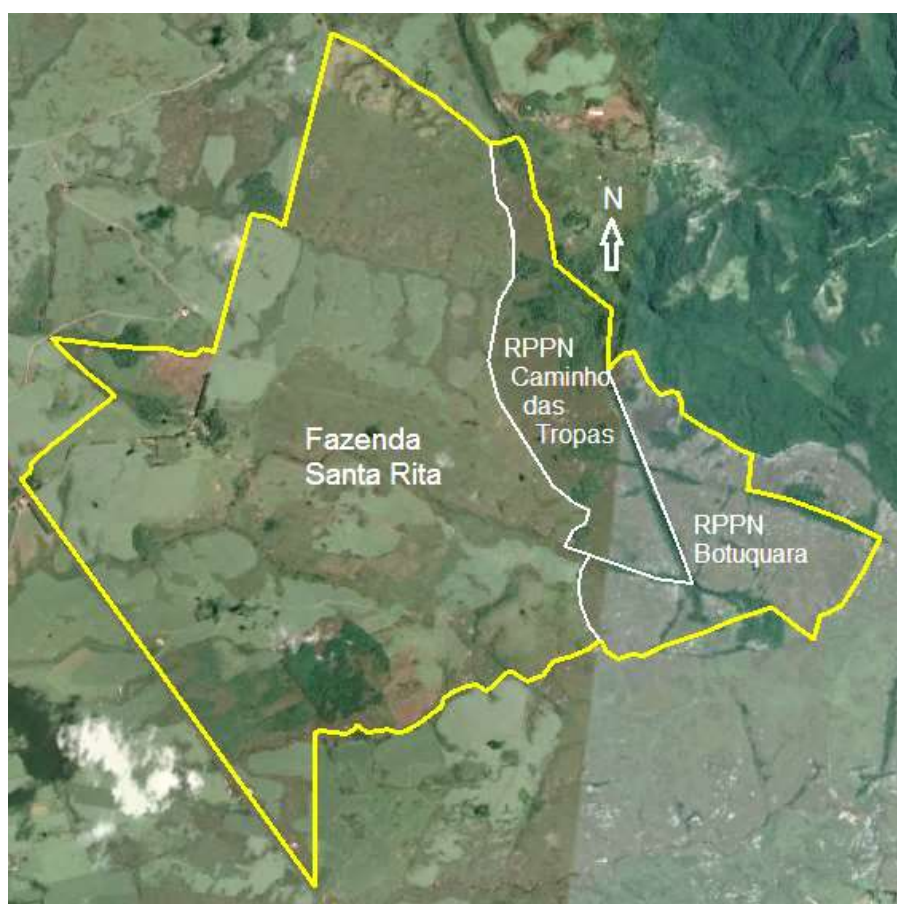


FIGURA 16 - Mapa da Fazenda Santa Rita com a localização da RPPN Caminho das Tropas (25°20'53" S e 49°47'39" O) e RPPN Botuquara  
Fonte: GoogleEarth (2014), elaborada pelo autor

Fazendo parte do Sistema Estadual de Unidades de Conservação do Paraná, a RPPN Caminho das Tropas tem relevância regional por ser uma das poucas



reservas particulares que apresenta áreas de estepe bem conservadas, assim como, áreas de floresta com araucária. A interação entre a vegetação de campos com refúgios rupestres e florestas dispostas em forma de capões e ao longo de depressões (*canyons*), compõe paisagens de grande beleza cênica e com potencial turístico.

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

Recoberta em grande parte por vegetação de estepe, a área que abrange a RPPN Caminho das Tropas foi utilizada por muito tempo para a criação de gado. O manejo da pastagem era feito através de queimas anuais a partir do final do inverno e início da primavera. Após o abandono do solo para atividades produtivas a partir do ano de 2005, teve início o processo de criação da reserva. Após alguns anos sem uso direto, a vegetação campestre se reestabeleceu sem haver interferências. Além da vegetação campestre, também ocorrem na reserva capões (ilhas) de florestas, refúgios rupestres (afloramentos rochosos) compostos de arenitos e depressões profundas (*canyons*) formadas pela ação dos rios que cortam a área (FIGURA 17).



FIGURA 17 - Paisagem da RPPN Caminho das Tropas  
Fonte: o autor (2014)

Ambientalmente, a área da RPPN Caminho das Tropas é caracterizada pela presença de:

I. Campos Secos (*Estepe stricto sensu*) - os campos secos estão presentes em áreas bem drenadas e cobrem a maior parte da área da reserva. Em determinados espaços predomina vegetação herbácea (FIGURA 18A) e em outros a associação de vegetação herbácea com arbustiva (FIGURA 18B). Esse tipo de campo geralmente está associado à cambissolos, argissolos e neossolos litólicos e regolíticos. A vegetação é composta por várias espécies herbáceas, especialmente de gêneros *Paspalum*, *Axonopus*, *Andropogon*, *Aristida*, *Eryanthus*, *Eryngium* e *Pteridium* que geralmente acumulam biomassa de alta inflamabilidade. Também uma diversidade de espécies lenhosas arbustivas dos gêneros *Baccharis*, *Vernonia*, *Senecio* e *Eupatorium*. Muitas das espécies ocorrem ao redor de afloramentos rochosos, tais como: *Trembleya* sp., *Mikania* sp. e *Baccharis* sp., compondo a flora típica dos campos secos (MORO; CARMO, 2007).

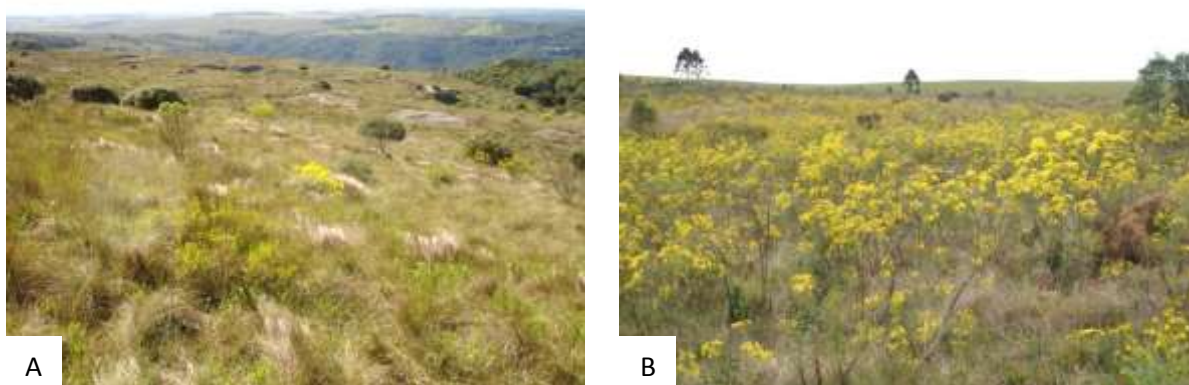


FIGURA 18 - Vegetação de *Estepe stricto sensu* (campos secos). Predomínio de herbáceas (A) e associação herbácea/arbustiva (B)

Fonte: o autor (2014)

II. Campos Úmidos (*Estepe higrófila*) - campos úmidos ocorrem de forma esparsa pela reserva, ocupando pequenas áreas com concentração de água, por vezes, próximo a córregos sobre lajes rochosas, (FIGURA 19A), às vezes em manchas no campo limpo com solos mais profundos (FIGURA 19B). A fitofisionomia também é predominantemente herbácea, porém tende a haver dominância de poucas espécies adaptadas às condições restritivas desse ambiente úmido. Além de

algumas espécies da família Poaceae adaptadas a excessos de água, também ocorrem espécies de outras famílias, como: Cyperaceae, Asteraceae, Eriocaulaceae, Xyridaceae e Apiaceae. São comuns os gêneros: *Aristida*, *Andropogum*, *Eriocaulon*, *Juncus*, *Lobelia*, *Polygala*, *Eryngium* e *Xyris* (MORO; CARMO, 2007).

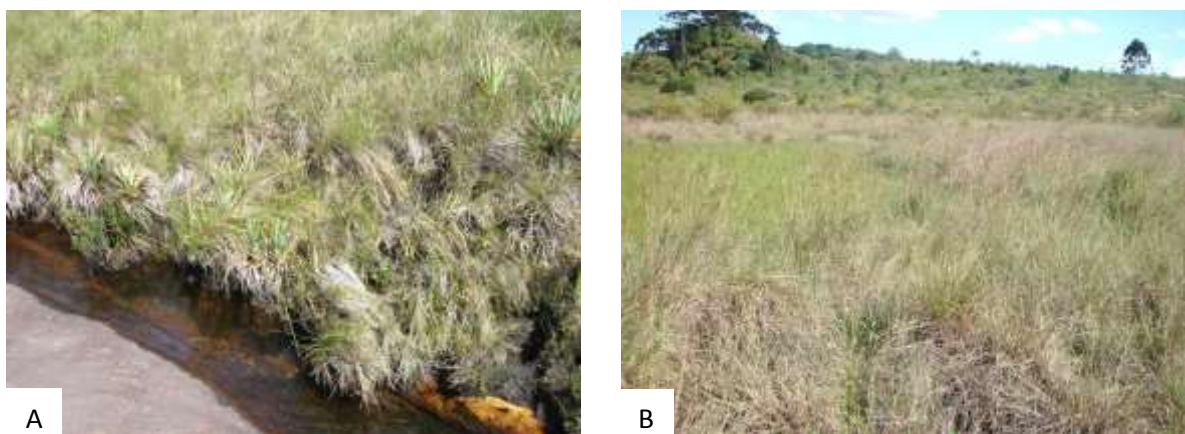


FIGURA 19 - Vegetação de estepe higrófila (campos úmidos) sobre solos rasos (A) e solos mais profundos (B)

Fonte: o autor (2014)

III. Refúgios Rupestres - compostos de blocos (afloramentos) de arenitos (figura 20 A e B) expostos a processos de erosão pelas intempéries climáticas também ocorrem de forma esparsa em toda a área da RPPN, em alguns casos recobertos por vegetação rupestre e em outros não. De acordo com Moro e Carmo (2007) a vegetação rupestre dos Campos Gerais é composta de espécies de diferentes famílias, especialmente de Bromeliaceae (*Tillandsia* sp., *Dickya* sp.), Amaryllidaceae, Orquidaceae e Iridaceae, além de outras como Cyperaceae, Poaceae, Ericaceae, Melastomataceae e Eupobiaceae. Dentre as espécies da família Poaceae podem crescer *Paspalum lachneum*, *Axonopus ulei* e *A.brasiliensis*. Também são comuns espécies da família Cactaceae, caso de *Rhipsalis dissimilis* e *Parodia ottonis*, que na primavera apresenta flores amarelas muito chamativas. Quanto às orquídeas, podem ocorrer *Epidendrum ellipticum*, *Bifrenaria harrisoniae*, *Isabelia virginalis*, *Oncidium blanchetii*, *Oncidium fuscans*, *Pelexia bonariensis*, *Pleurothallis variabilis*. Em afloramento onde há mais umidade se desenvolvem musgos e líquens, que geralmente formam um substrato para o crescimento de outras plantas (RITTER; ESTREICHEN; MORO, 2002).



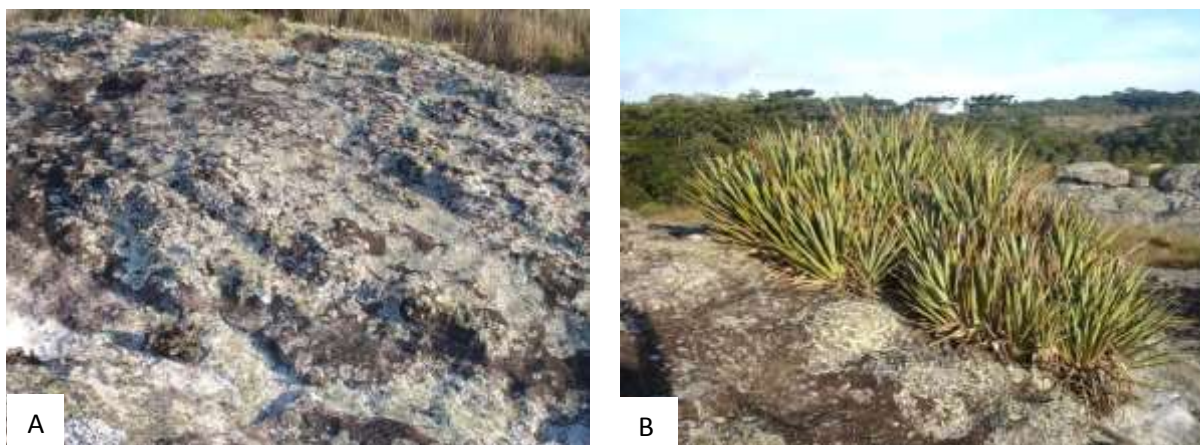


FIGURA 20 - Refúgios rupestres colonizados por líquens (A) e bromeliáceas (B)  
Fonte: o autor (2014)

IV. Vegetação de florestas - florestas são encontradas na forma de capões em alguns pontos da área onde há solos mais profundos (FIGURA 21A), bem como, ao longo de depressões (canyons) que cortam a área (FIGURA 21B) formando as florestas de galerias. Apresentam alta diversidade de espécies florísticas arbóreas, com destaque para: *Araucaria angustifolia* (pinheiro), *Ocotea porosa* (imbuia), *O. odorifera* (sassafrás), *Cedrella fissilis* (cedro-rosa), *Nectandra grandiflora* (canela-amarela), *Drymis brasiliensis* (cataia), *Casearia decandra* (guaçatunga), *Eugenia uniflora* (pitanga), *Matayba elagnoides* (miguel-pintado), *Sorocea bauplandi* (cincho) *Alophyllus eludis* (vacum) e *Myrciaria cenella* (cambuizinho) (CARMO; MORO; NOGUEIRA, 2007).

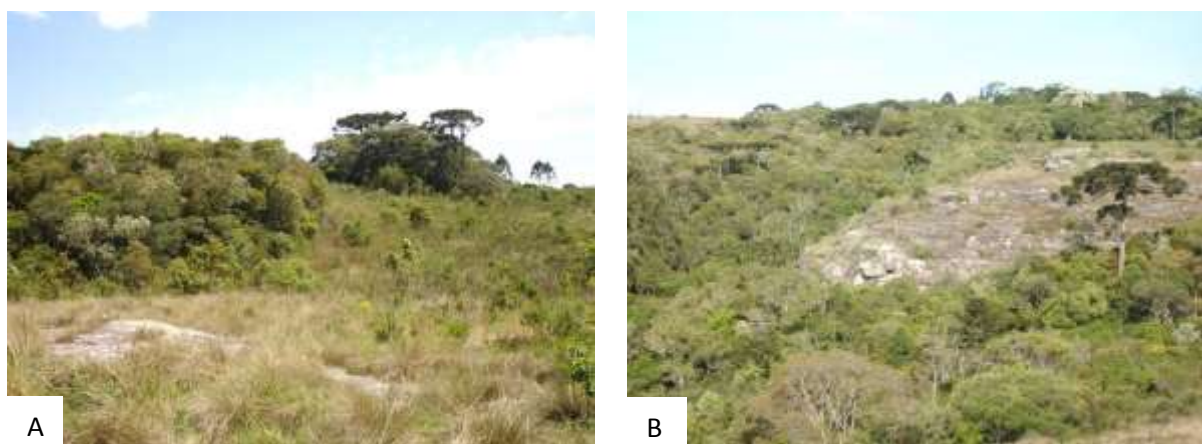


FIGURA 21 - Vegetação florestal: capões (A) e matas de galeria (B) compostas de floresta com araucária  
Fonte: o autor (2014)

## 2.3 CLIMA LOCAL

A área de estudo encontra-se a uma altitude média de 1.050 metros sobre o nível do mar, conforme verificado em imagens de satélite do programa Google Earth (GOOGLE EARTH, 2014), sendo dominante o clima do tipo Cfb.

Utilizando-se os dados climáticos do período de 2010 a 2013 da estação meteorológica da localidade de Rosário, município de Ponta Grossa (FUNDAÇÃO ABC, 2014), é apresentada a seguir a caracterização das variáveis meteorológicas temperatura, precipitação, umidade relativa do ar e velocidade do vento, as quais tem influência na ignição de material combustível e propagação do fogo.

Durante o período de abrangência dos anos de 2010 a 2013, a temperatura média geral registrada para a localidade de Rosário foi de 17,57 °C, sendo fevereiro o mês mais quente (21,49 °C) e junho o mês mais frio (13,72 °C). Na Figura 22 são apresentadas as médias mensais de temperaturas registradas para o período. Na Figura 23 são apresentadas as médias mensais de temperaturas registradas para cada ano no período de 2010 a 2013.

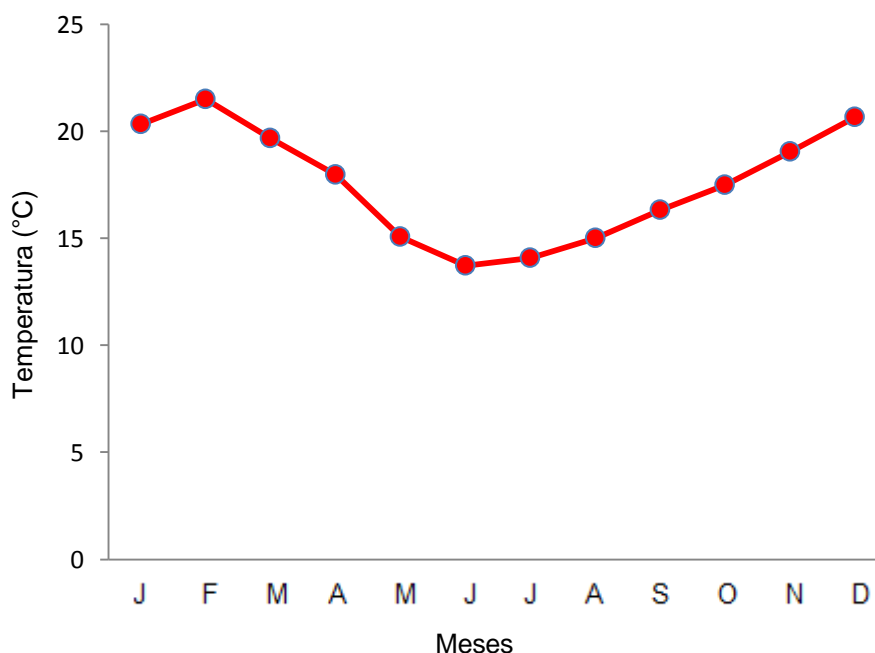


FIGURA 22 - Médias mensais de temperaturas registradas para a área de estudo no período de 2010 - 2013

Fonte: Fundação ABC (2014), elaborada pelo autor

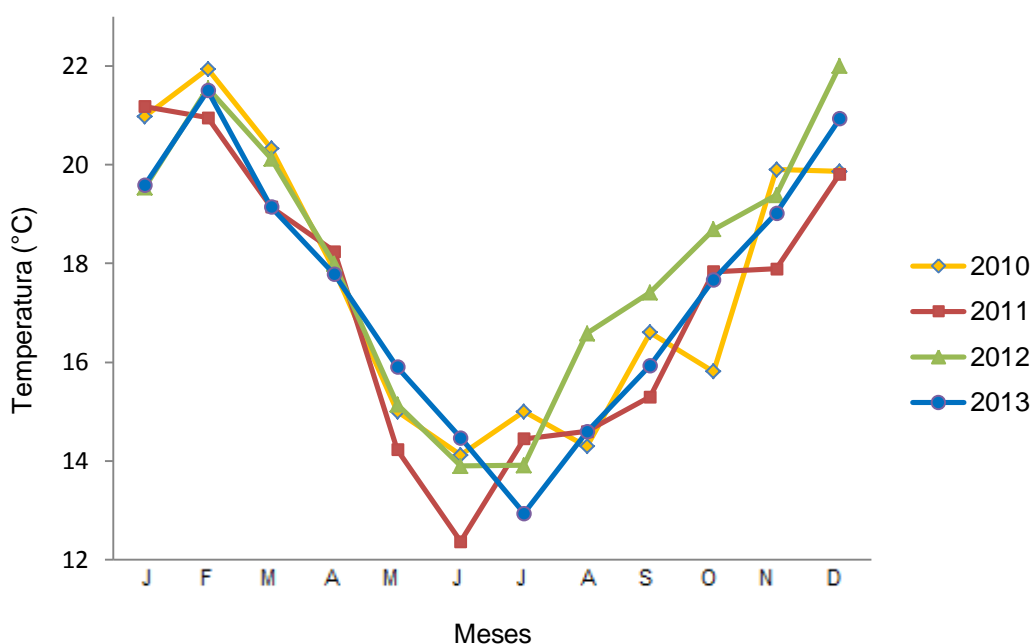


FIGURA 23 - Médias mensais de temperaturas por ano no período de 2010 - 2013  
Fonte: Fundação ABC (2014), elaborada pelo autor

A precipitação média anual no período de 2010 a 2013 foi de 1706 mm, sendo fevereiro (239 mm), junho (222,0 mm) e janeiro (195,8mm) os meses mais chuvosos conforme os resultados representados na Figura 24. Na Figura 25 são apresentados os totais mensais registrados para cada ano no período de 2010 a 2013.

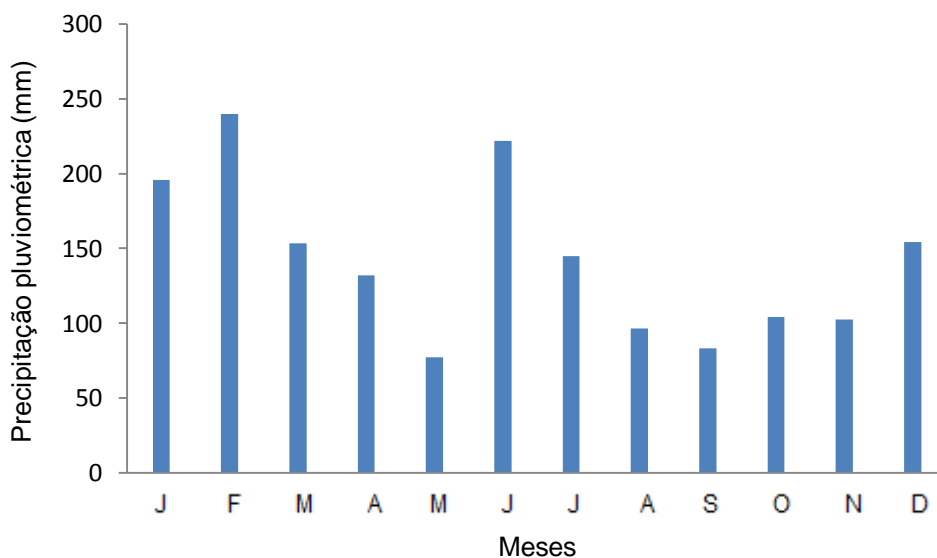


FIGURA 24 - Médias mensais de precipitações pluviométricas para a área de estudo no período de 2010 - 2013  
Fonte: Fundação ABC (2014), elaborada pelo autor

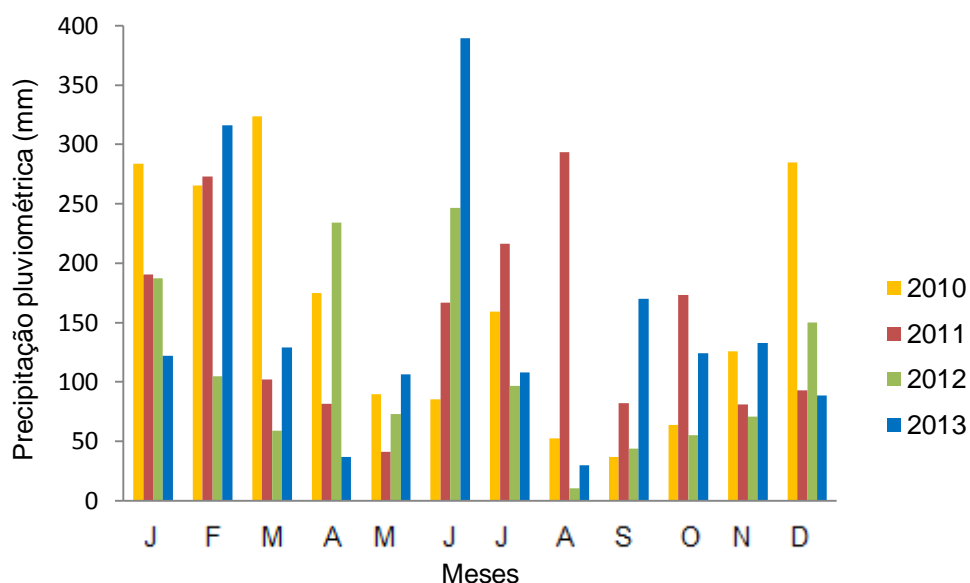


FIGURA 25 - Precipitações pluviométricas mensais por ano no período de 2010 - 2013

Fonte: Fundação ABC (2014), elaborada pelo autor

Em relação à umidade relativa do ar, a média registrada para o período de 2010 a 2013 foi de 81,65%, com o mês de janeiro apresentando a maior média (86,74%) e o mês de agosto a menor (75,90%). As médias mensais de umidade relativa do ar registradas para o período em questão estão representadas na Figura 26. Na figura 27, estão representadas as médias mensais para cada ano do mesmo período.

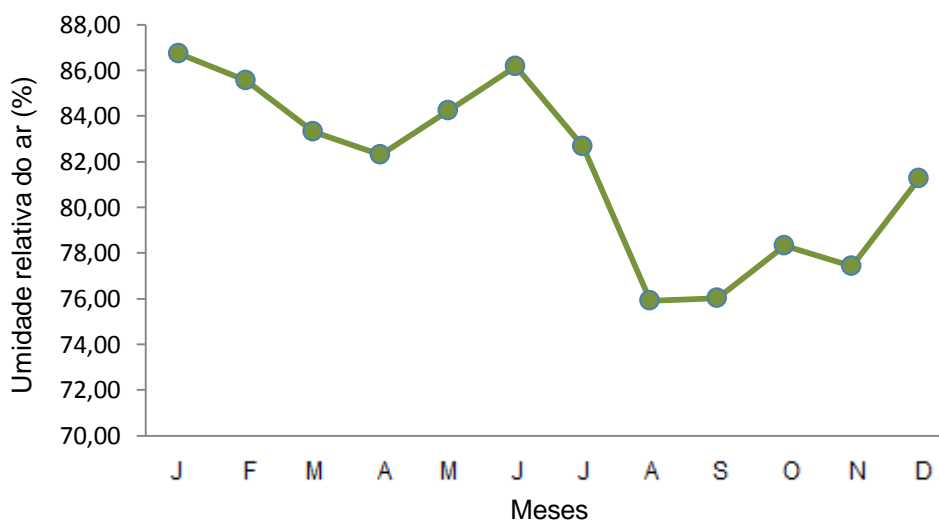


FIGURA 26 - Médias mensais de umidade relativa do ar para a área de estudo no período de 2010 - 2013

Fonte: Fundação ABC (2014), elaborada pelo autor

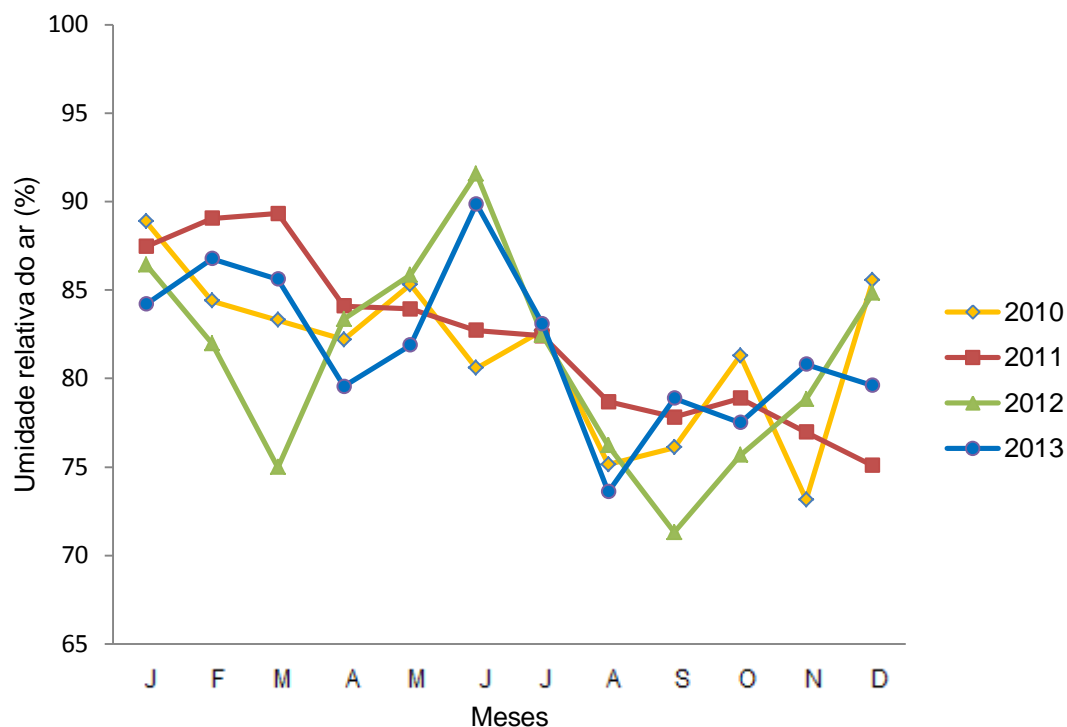


FIGURA 27 - Médias mensais de umidade relativa do ar por ano no período 2010 - 2013

Fonte: Fundação ABC (2014), elaborada pelo autor

Assim como acontece para toda a região dos Campos Gerais, os ventos sopram constantemente na área de estudo, sendo comum ocorrerem alterações de velocidades em curtos períodos de tempo. Devido a área de estudo estar localizada na porção central da região dos Campos Gerais, o vento predominante em grande parte do ano é nordeste. No entanto, pode mudar em alguns meses, especialmente no período de janeiro a abril, quando a tendência é o predomínio de ventos sudeste (BURGARDT; LIMA LEITE; VIRGENS FILHO, 2011).

Os meses que compreendem os períodos do final do inverno e início da primavera são os que apresentaram as maiores médias de velocidade do vento, com médias entre 8 e 9  $\text{km.h}^{-1}$ . Os meses de verão são os que apresentaram as menores médias de velocidade, entre 5 e 7  $\text{km.h}^{-1}$ .

As médias mensais de velocidade do vento registradas para o período de 2010 a 2013 estão representadas na Figura 28. Na Figura 29 estão representadas as médias mensais para cada ano do mesmo período.



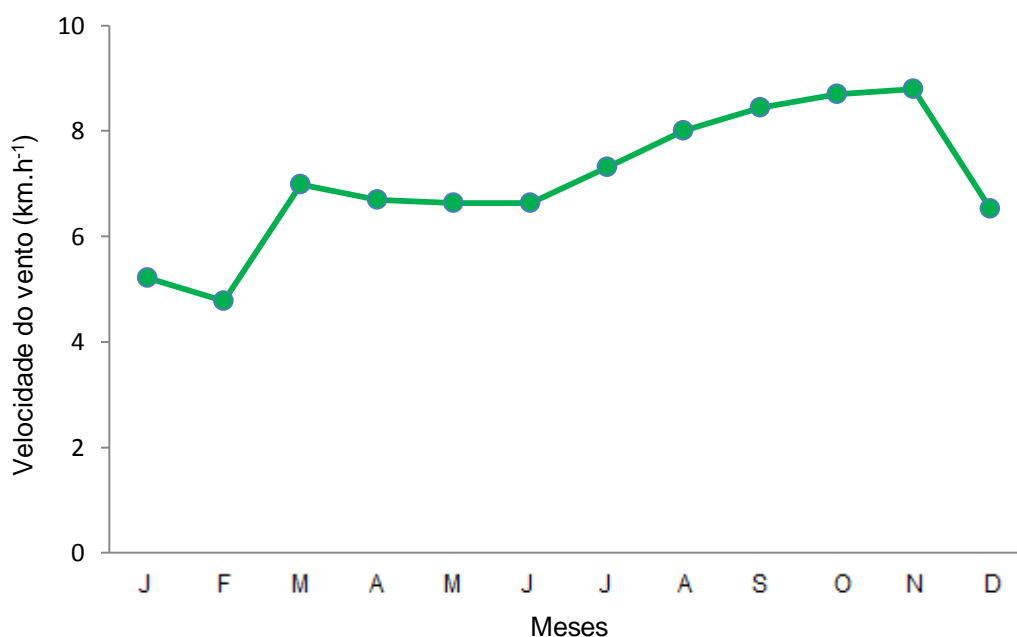


FIGURA 28 - Médias mensais da velocidade média do vento registradas para a área de estudo no período de 2010 - 2013

Fonte: Fundação ABC (2014), elaborada pelo autor

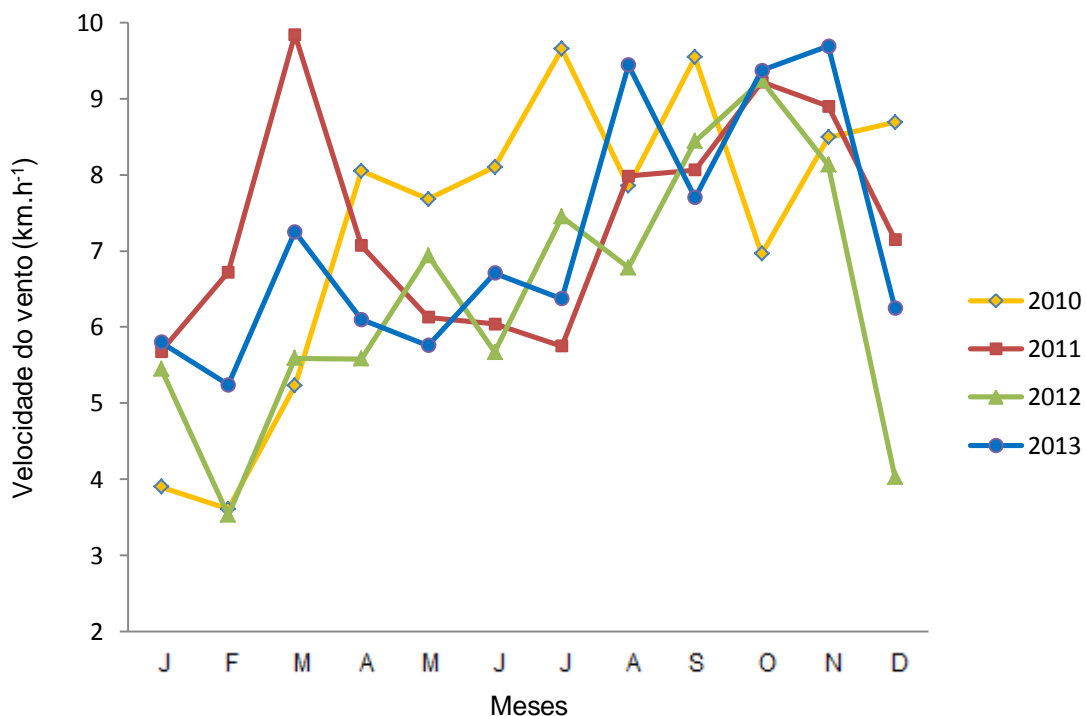


FIGURA 29 - Médias mensais de velocidade do vento registradas por ano no período 2010 - 2013

Fonte: Fundação ABC (2014), elaborada pelo autor

## 2.4 SOLOS

Os solos da área constituem-se em geral de uma associação de latossolo bruno ácrico + cambissolo háplico distrófico, apresentando substrato arenoso que os tornam pouco férteis. Ocorrem também na área manchas de organossolos em locais de acúmulo de água, sendo esses solos muito ácidos devido à concentração de matéria orgânica (SÁ, 2007; ALMEIDA; MORO, 2007).

### 3 ÁREA DE AMOSTRAGEM

Para instalação das parcelas de amostragem de material combustível e experimentos de queima foi delimitada uma área de 25 hectares (500 m x 500 m) conforme mostrado na Figura 30. Os quadrantes da área compreenderam as coordenadas: 25°20'59" S e 49°48'74" E; 25°20'42" S e 49°47'34" E; 25°20'61" S e 49°38'30" E; 25°20'95" S e 49°48'62" E. Da área demarcada, 22,7 hectares corresponderam à vegetação gramíneo-lenhosa abrangendo ambientes de campos secos e de campos úmidos, enquanto 2,3 hectares corresponderam a afloramentos rochosos (refúgios rupestres) e pequenos capões (ilhas) de floresta com araucária (FIGURA 31).

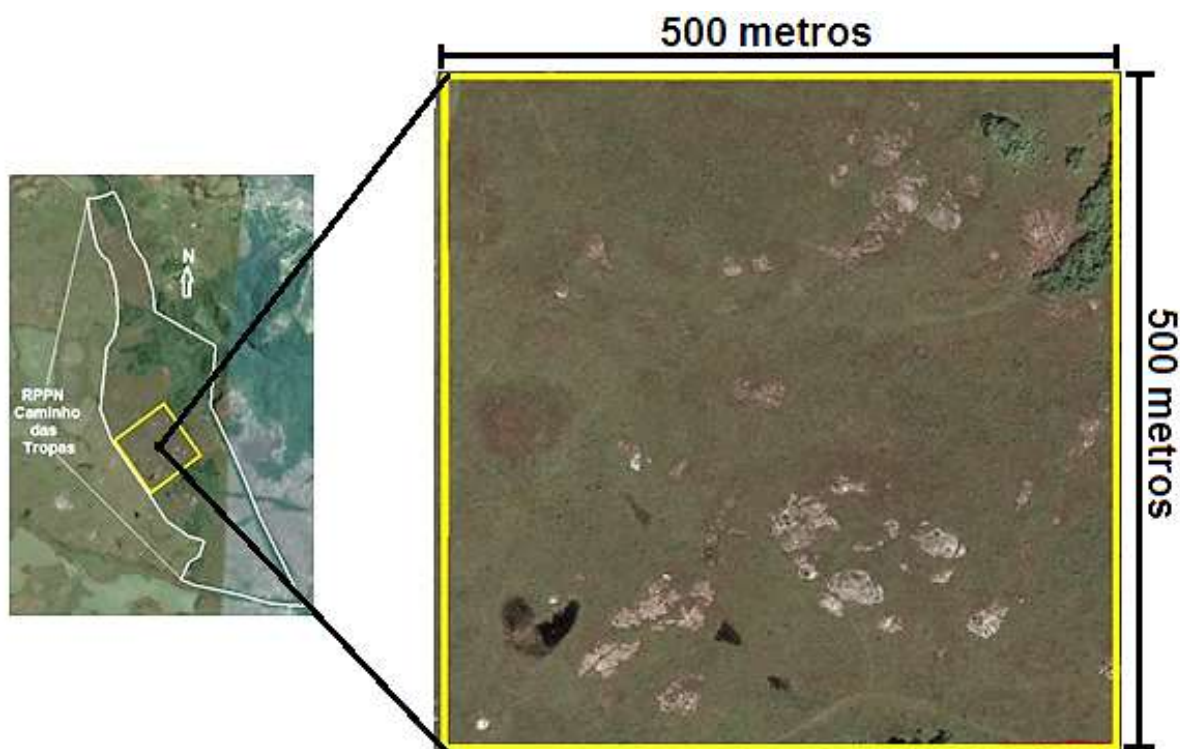


FIGURA 30 - Área de amostragem  
Fonte: Google Earth (2014), elaborada pelo autor



FIGURA 31 - Caracterização ambiental da área de amostragem  
Fonte: GoogleEarth (2014), elaborada pelo autor

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. G.; MORO, R. S. Análise da cobertura florestal no Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná, como subsídio ao seu plano de manejo. **Terr@**, Ponta Grossa, v. 1, n. 1, p. 115 - 122, 2007.

ANDRADE, B. O. **A vegetação das nascentes do Rio Tibagi e sua relação com o regime hídrico dos solos**. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Setor de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, 2010.

BEHLING H. Late quaternary vegetation, climate and fire history of the araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (south Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 97, p. 109 - 121, 1997.

BEHLING, H. Late quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 99, p. 143 - 156, 1998.

BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; ORLÓCI, L.; BAUERMANN, S. G. Late quaternary araucaria forest, grassland (campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **PALAEO** - Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Amsterdam, v. 203, p. 277 - 297, 2004.

BEHLING, H.; PILLAR, V. D. Late quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern brazilian highland and their implication for conservation and management of modern araucaria forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions B**, London - England, v. 362, p. 243 - 255, 2007.

BEHLING, H.; JESKE-PIERUSCHKA, V.; SCHÜLER, L.; PILLAR, V. P. Dinâmica dos campos do sul do Brasil durante o Quaternário Tardio. In: PILLAR, V. P; MÜLLER, S. C.; SOUZA CASTILHOS, Z. M. de; JACQUES, A. V. À. (Ed.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. MMA, Brasília, 2009.

BOLDRINI, I. I. Diversidade Florística nos campos do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 57., 2006, Gramado. **Anais...** Gramado, 2006, p. 321 - 324.

BOLDRINI, I. I. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V. P; MÜLLER, S. C.; SOUZA CASTILHOS, Z. M. de; JACQUES, A. V. À. (Ed.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. MMA, Brasília, 2009.

BURGARDT, S.; LIMA LEITE, M. de; VIRGENS FILHO, J. S. das. Direção horária predominante e de rajada de vento em localidades dos Campos Gerais do Paraná e arredores. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 8, p. 137 - 151, 2011.

CARMO, M. R. B.; MORO, R. S. NOGUEIRA, M. K. F. S. A vegetação florestal nos Campos Gerais. In: MELO, M. S. de; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Org.) **Patrimônio Natural dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora da UEPG, 2007, p. 99 - 104.

CERVI, A. C.; HATSCHBACH G. Flora. In: ROCHA C. H.; MICHALIZEN, V.; PONTES FILHO, A. (Orgs) **Plano de Integração Parque Estadual de Vila Velha - Rio São Jorge**. Ponta Grossa, Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, p. 99 - 104, 1990.

CERVI, A. C.; LINSINGEN L.; HATSCHBACH G.; RIBAS O. S. A vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Boletim do Museu Botânico Municipal**, Curitiba, v. 69, p. 1 - 52, 2007.

CRUZ, G. C. F. da. Alguns aspectos do Clima dos Campos Gerais. In: MELO, M. S. de; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Org.) **Patrimônio natural dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007, p. 59-72.

DALAZOANA, K.; SILVA, M. A.; MORO R. S. Comparação de três fisionomias de campo natural no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, PR. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 675 - 677, 2007.

DALAZOANA, K.; MORO R. S. Riqueza específica em áreas de campo nativo impactadas por visitação turística e pastejo no Parque Nacional dos Campos Gerais, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 2, p. 387 - 396, 2011.

DALAZOANA, K.; BARBOSA, T. A.; MORO R. S. **A vegetação nas unidades de paisagem na porção da escarpa devoniana, Parque Nacional dos Campos Gerais, PR**. Disponível em: <<http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhoscompletos/eixo2/006.Pdf>>. Acesso em: 12/06/2014.

ECOLOGIA UFRGS. **Estado atual e desafios para a conservação dos campos**. Disponível em: <http://www.ecologia.ufrgs.br/ecologia/campos/finalcampos.htm>. Acesso em: 23/10/2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Embrapa Solos, Brasília, 1999.

ESTEVAN, D. A. **A vegetação no município de Ventania (Paraná, Brasil)**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, 2006.

FIDELIS, A.; PIVELLO, V. R. Deve-se usar o fogo como instrumento de manejo no cerrado e campos sulinos? **Biodiversidade Brasileira**, ano 1, n. 2, p. 12 - 25, 2011.

FUNDAÇÃO ABC. **Sistema de monitoramento agrometeorológico**. Disponível em: <<http://sma.fundacaoabc.org.br/monitoramento/grafico/diario>>. Acesso em: 10/06/2014.

GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com>. 2014

GUIMARÃES, G. B.; MELO, M. S. de; MOCHIUTTI, N. F. Desafios da geoconservação nos Campos Gerais do Paraná. **Geologia USP**, São Paulo, v. 5, p. 47 - 61, 2009.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). **Unidades de conservação do Paraná**: RPPN Reserva Particular do Patrimônio Natural. Disponível em: <<http://www.uc.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=131>>. Acesso em: 15/06/2014.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Mapas climáticos do estado do Paraná**. Disponível em: <[http://www.pr.gov.br/iapar/sma/Rosa\\_dos\\_ventos.htm](http://www.pr.gov.br/iapar/sma/Rosa_dos_ventos.htm)>. Acesso em: 15/06/2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual de classificação da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, IBGE, 1992. (Série Manuais Técnicos em Geociências, nº 1).

- - - - -. **Mapa de biomas do Brasil, primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 30/06/2014.

- - - - -. **Manual de classificação da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, IBGE, 2ª edição, 2012. (Série Manuais Técnicos em Geociências, nº 1).

KOZERA, C. **Florística e fitossociologia de uma formação pioneira com influência fluvial e de uma estepe gramíneo-lenhosa em diferentes unidades geopedológicas, município de Balsa Nova, Paraná, Brasil**. 267 f. Tese (Doutorado em Conservação da Natureza) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2008.

KUPLICH, T. M.; MARTIN E. V. Identificação de tipologias da vegetação campestre e o uso de imagem Thematic Mapper (Landsat 5) na região dos Campos de Cima da Serra, bioma Mata Atlântica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 14, 2009, Natal. **Anais...** Natal, 2009, p. 2769 - 2775.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil**: região sul. Rio de Janeiro, v. 2, p. 113 - 150, 1990.

LEITE, P. F. As diferentes unidades fitoecológicas da região sul do Brasil – proposta de classificação. **Cadernos de Geociências**, Salvador, v. 15, p. 73 - 16, 1995.

LEITE, P. F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 51 - 63, 2002.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 4º ed., Ponta Grossa, Editora da UEPG, 2012.

MELO, M. S. de; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. Os Campos Gerais do Paraná. In: MELO, M. S. de; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Org.) **Patrimônio natural dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007, p. 17- 21.

MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; RAMOS, A. F. de; PRIETO, C. C. Relevo e hidrografia dos Campos Gerais In: MELO, M. S. de; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G.

B. (Org.) **Patrimônio natural dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007, p. 49-58.

MENEGUZZO, I. S.; ALBUQUERQUE, E. S. A política ambiental para a região dos Campos Gerais do Paraná. **RA'E GA**, Curitiba, n. 18, p. 51 - 58, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Brasília, 2000.

MORO, R. S.; CARMO, M. R. B. A vegetação campestre nos Campos Gerais. In: MELO, M. S. de; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Org.) **Patrimônio natural dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007, p. 49 - 58.

NATUREZA BRASILEIRA. **Banco de imagens**. Disponível em: [http://www.naturezabrasileira.com.br/foto/24240/campos\\_naturais\\_campos\\_gerais\\_ponta\\_grossa\\_pr.aspx](http://www.naturezabrasileira.com.br/foto/24240/campos_naturais_campos_gerais_ponta_grossa_pr.aspx). Acesso em 23/10/2014.

OLIVEIRA, M. L. A. A. de. Conservação "in situ" da diversidade biológica dos campos sulinos e da mata de araucária. In: ARAÚJO, E. (Ed.). **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Imprensa Universitária, p. 106 - 108, 2002.

PARELLADA C. I. A arqueologia dos Campos Gerais. In: MELO, M. S. de; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Org.) **Patrimônio natural dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007, p. 163-170.

PILLAR, V. P. Estado atual e desafios para a conservação dos campos. **Workshop**. Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

PROJETO DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DA DIVERSIDADE BIOLÓGICA BRASILEIRA - PROBIO. **Relatório de atividades**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002.

RETZLAF, G. J.; STIPP, N. A. F. TURISMO E MEIO AMBIENTE NO PARQUE ESTADUAL GUARTELÁ. **Geografia**, Londrina, v. 13, nº 1, p. 116-132; 2004.

RITTER, L. M. O; ESTREIECHEN, L.; MORO, R. S. Comunidades pioneiras dos afloramentos rochosos úmidos da Escarpa Devoniana, Campos Gerais, PR. In: Encontro Anual de Iniciação Científica, 11. 2002, Maringá. **Anais...** Maringá, 2002, CD-ROOM.

RIZZINI, C. T.; COIMBRA FILHO, A. F.; HOUAISS, A. **Ecossistemas brasileiros**. Rio de Janeiro: Index, 1988.

ROCHA, C. H.; WEIRICH NETO, P. H. Origens dos sistemas de produção e fragmentação da paisagem nos Campos Gerais. In: MELO, M. S. de; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Org.) **Patrimônio natural dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007, p. 49-58.



SÁ, M. F. M. Os solos dos Campos Gerais. In: MELO, M. S. de; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Org.) **Patrimônio natural dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007, p. 73-83.

TREWARTHA, G. T.; HORN, L. H. **An introduction to climate**. 5 ed. New York: McGraw-Hill, 1980.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

ZILLER, S. R.; GALVÃO, F. O processo de degradação da Estepe Gramíneo-Lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *P. taeda*. **Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 1, p. 41 - 47, 2002.

## **CAPÍTULO 2**

### **CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DO ESTRATO HERBÁCEO**

## 1 INTRODUÇÃO

Devido às características da vegetação, a região da Estepe Gramíneo-Lenhosa paranaense apresenta elevado perigo de incêndio, o que faz com que estudos voltados à caracterização do material combustível sejam importantes para embasar sistemas efetivos de manejo e combate aos incêndios que aí ocorrem.

O material combustível florestal é descrito na literatura de diversas formas. De acordo com Contreras e Cervantes (2007), combustível florestal é um composto misto de material lenhoso (ramos, galhos e troncos de árvores e arbustos) e foliar (folhas de árvores, de ervas e húmus), vivo ou morto caído sobre a superfície do solo. González (2004) define o combustível florestal como sendo os materiais que são consumidos pela combustão, representados por árvores, arbustos, capins e demais vegetais herbáceos, assim como, fragmentos desses vegetais em diferentes estados de decomposição. Para Soares e Batista (2007), são todos os materiais orgânicos que se encontram agregados ao solo ou depositados sobre este, e acima do solo e que são capazes de entrar em ignição e queimar.

O material combustível, por ser um dos componentes do triângulo do fogo, é básico e indispensável para a ocorrência e propagação dos incêndios florestais (SOARES, 1979), sendo, portanto, necessário se observar com antecedência, as particularidades dos combustíveis de determinada região para se avaliar corretamente o comportamento de um incêndio (VÉLEZ, 2000).

Algumas especificidades dos materiais combustíveis são essenciais para a manutenção e propagação do fogo, tais como, a quantidade, o arranjo, a relação entre material vivo e morto, a compactação, a continuidade e o teor de umidade, dentre outros. A quantidade de material combustível existente em uma área determina se o fogo vai se propagar ou não e define a intensidade de calor liberado pelo fogo durante um incêndio florestal. Quanto maior a quantidade de material combustível disponível à queima, maiores as dificuldades de controle de um incêndio (SOARES; BATISTA, 2007).

Além da quantidade e demais características dos materiais combustíveis, também a ação das variáveis meteorológicas influenciam na propagação e no comportamento do fogo, especialmente quando alteram o teor de umidade dos materiais, dificultando ou impedindo a ignição (FOSBERG; ROTHERMEL; ANDREWS, 1981). O teor de umidade representa, portanto, importante fator a ser

analisado nos combustíveis florestais para avaliar o perigo da ocorrência de incêndios (FOSBERG; LANCASTER; SCHROEDER, 1970; YEBRA; CHUVIECO; RIAÑO, 2006). A estimativa da quantidade de combustível existente, geralmente expressa em termos de massa de matéria seca ao forno por unidade de área, é fator decisivo em planos de prevenção e combate aos incêndios, especialmente em programas de queimas controladas. A quantidade de material combustível florestal em determinado local ou ambiente varia consideravelmente de acordo com a tipologia vegetal, podendo ser de dezenas ou centenas de quilogramas a toneladas por hectare (SOARES; BATISTA, 2007).

De acordo com Souza, Soares e Batista (2003) a quantidade de material combustível por unidade de área (carga) é uma das informações mais importantes relacionadas ao comportamento do fogo, podendo embasar diretamente ações que garantam a eficiência de sistemas de combate de incêndios. Para Beutling *et al.* (2005), mesmo que variáveis climáticas influenciem no comportamento de incêndios, o material combustível certamente constitui um dos fatores mais importantes na propagação do fogo.

Além da quantidade, também o tipo de combustível tem relação direta com a propagação das chamas. Materiais combustíveis que em condições naturais se mostram de fácil e rápida ignição são classificados como perigosos, enquanto que outros, que têm ignição mais demorada, mas que são importantes para o avanço lento do fogo são considerados como semi-perigosos. Já os materiais verdes, constituídos pela vegetação viva, praticamente não queimam devido ao alto teor de umidade neles contidos e, em princípio, não são inflamáveis, podendo, no entanto, se tornarem inflamáveis após a secagem pela ação da combustão de outros combustíveis (SOARES, 1985; BATISTA, 1990; SOARES; BATISTA, 2007).

As características dos combustíveis podem afetar a propagação do fogo, a altura das chamas, a duração e a intensidade dos incêndios. Descrever os combustíveis e quantificá-los é, portanto, importante para entender o comportamento do fogo, além de fornecer informações para as atividades de gestão de incêndios, incluindo, queima prescrita, dificuldade de supressão, avaliação do perigo e tratamento de combustível. Segundo Gould, McCaw e Cheney (2011), as características dos combustíveis atraem cada vez mais o interesse de ecologistas, técnicos em monitoramento de qualidade do ar e modeladores de quantificação de carbono.

O estrato herbáceo, de acordo com Brown, Oberheu e Johnston (1982) é composto de todo material vivo e morto de plantas rasteiras (poáceas, ciperáceas, trepadeiras e sub-arbustos), sendo que, quando está morto e se encontra depositado ao solo é chamado de liteira.

Considerando a importância do conhecimento sobre as características dos combustíveis para o manejo do fogo em vegetação de campos, o estudo deste capítulo teve por objetivo caracterizar o material combustível do estrato herbáceo da Estepe Gramíneo-Lenhosa da área de estudo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Caminho das Tropas (ver capítulo 1, página 27), coordenadas centrais de 25°20'53" S e 49°47'39" O, município de Palmeira - PR.

### 2.2 DEFINIÇÃO DE PONTOS DE AMOSTRAGEM DE MATERIAL

As técnicas de amostragem adotadas quanto à coleta e classificação do material tiveram como base as pesquisas realizadas por diferentes autores (BROWN; OBERHEU; JOHNSTON, 1982; SOARES, 1979; BATISTA, 1984; 1995; SCHEIDER; BELL, 1985; SOUZA; SOARES; BATISTA, 2003, BEUTLING *et al.*, 2005, BEUTLING *et al.*, 2012).

As amostragens foram realizadas numa área de 25 hectares (ver capítulo 1, página 39) que foi demarcada com distanciamento entre linhas de 50 x 100 metros. Nos cruzamentos das linhas foram marcados de forma sistemática os pontos de coletas de material, que totalizaram em princípio 45 pontos. A marcação dos pontos teve início a partir de uma margem de 50 metros desde a linha de delimitação da área.

Todos os pontos foram demarcados com estaca de madeira pintada de branco (FIGURA 1), o que facilitou sua visualização durante o período em que se fizeram as coletas de material.

De acordo com Brown *et al.* (1982), a alocação sistemática dos pontos é a técnica mais recomendada para esse tipo de estudo, pois garante uma amostragem uniforme do material combustível numa determinada área. Vários trabalhos da literatura com objetivo de estimar a carga de material combustível (SAGLAN, *et al.*, 2008; SAH *et al.*, 2004; RIBEIRO *et al.*, 2011; REINER; TAUSCH; WALKER, 2010; ANNE *et al.*, 2009; BILGILI; KUÇUK, 2009) adotaram esta metodologia, servindo de referências para comparação.

Para este estudo, a quantidade de pontos alocados seguiu a recomendação de Brown, Oberheu e Johnston (1982), onde os autores consideraram que para a estimativa da carga de material combustível de uma vegetação qualquer, o

conveniente é realizar entre 15 e 20 amostras numa área de até 20 hectares. Para áreas maiores, aconselham a alocação de mais de 20 pontos de amostragens, considerando que geralmente ocorre um erro amostral em torno de 20%.



FIGURA 1- Ponto de amostragem demarcado com estaca de madeira  
Fonte: o autor (2014)

Dos 45 pontos alocados, foram necessárias amostragens em apenas 35 (FIGURA 2) para se atingir a quantidade de amostras necessárias para as diferentes classes de material combustível analisadas. Inicialmente, foram feitas coletas em 25 pontos de amostragens (marcados em branco na Figura 2). Após a análise da suficiência da amostragem, constatou-se que esse número não foi suficiente para todas as classes, e por isto foram acrescentados mais 10 pontos nas amostragens (marcados em amarelo na Figura 2), totalizando 35 pontos dispostos de forma uniforme em toda a área de amostragem. Com essa quantidade de pontos, as amostragens se mostraram estatisticamente suficientes para a análise das classes de material definidas.

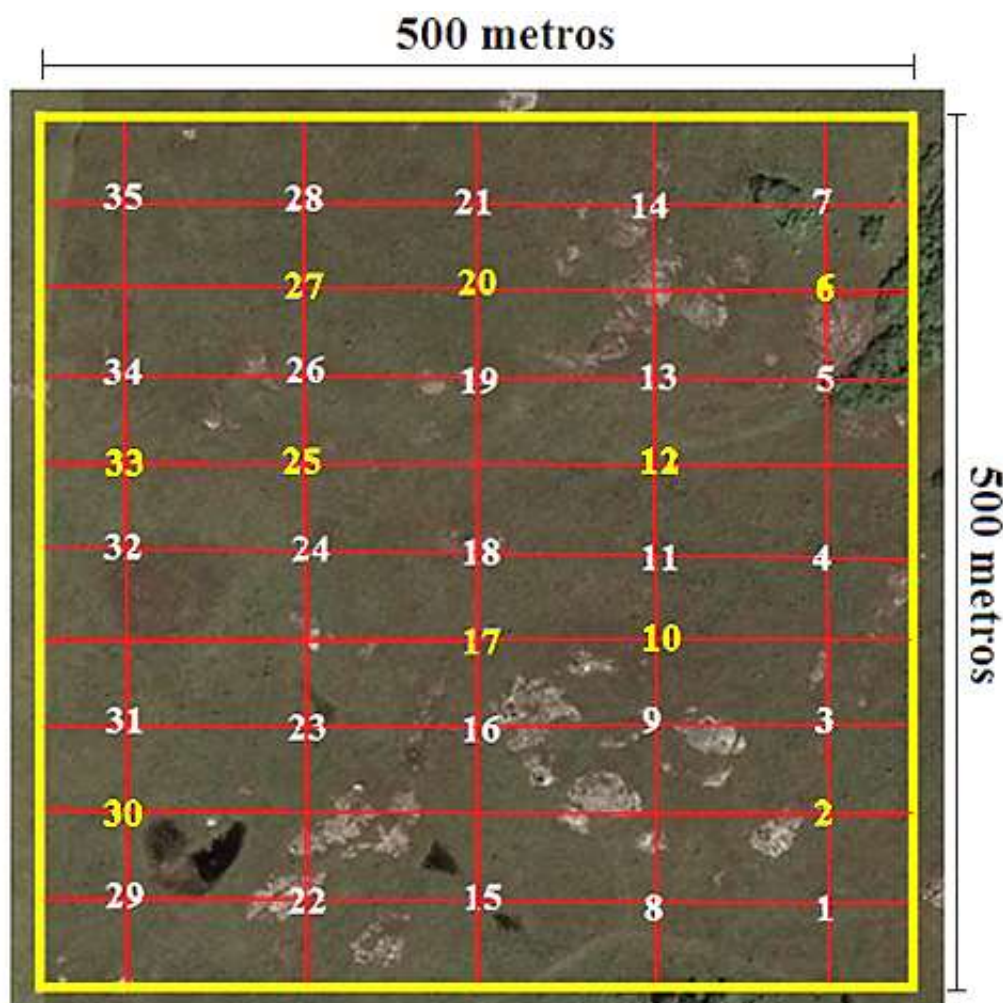


FIGURA 2 - Croqui da área de amostragens com a indicação dos 35 pontos de coletas

Fonte: GoogleEarth (2014), elaborada pelo autor

### 2.3 COLETA DE MATERIAL

As coletas de material foram realizadas nos meses de maio, agosto e novembro de 2012 e em fevereiro de 2013, correspondendo cada coleta a uma das quatro estações do ano (outono, inverno, primavera e verão), que para a região da área de estudo são bem definidas.

A metodologia de coleta utilizada foi a de “amostragem destrutiva” de parcelas, tradicionalmente empregada em levantamentos de material combustível como apresentado na literatura (BEUTLING *et al.*, 2005; SOARES, BATISTA, 2007; GOULD; MCCAWE; CHENEY; 2011, BEUTLING *et al.*, 2012). É denominada “amostragem destrutiva”, porque todo o conteúdo da parcela é retirado de forma a permitir a análise e a classificação dos materiais combustíveis presentes. Estes



materiais são divididos em “material combustível vivo (verde)” e “material combustível morto (seco)”, classificando-os de acordo com os seguintes diâmetros:

- a) material vivo e morto com diâmetro menor ou igual a 0,7 cm;
- b) material vivo e morto com diâmetro maior que 0,7 cm e menor ou igual a 2,5 cm;
- c) material vivo e morto com diâmetro maior do que 2,5 cm;
- d) miscelânea.

As coletas (nas quatro estações) foram feitas em uma área circular com raio de 2,5 metros no entorno da estaca de demarcação do ponto (FIGURA 3A). Para a coleta do material utilizou-se uma moldura metálica (quadrado) com área de 1 m<sup>2</sup> (FIGURA 3B).

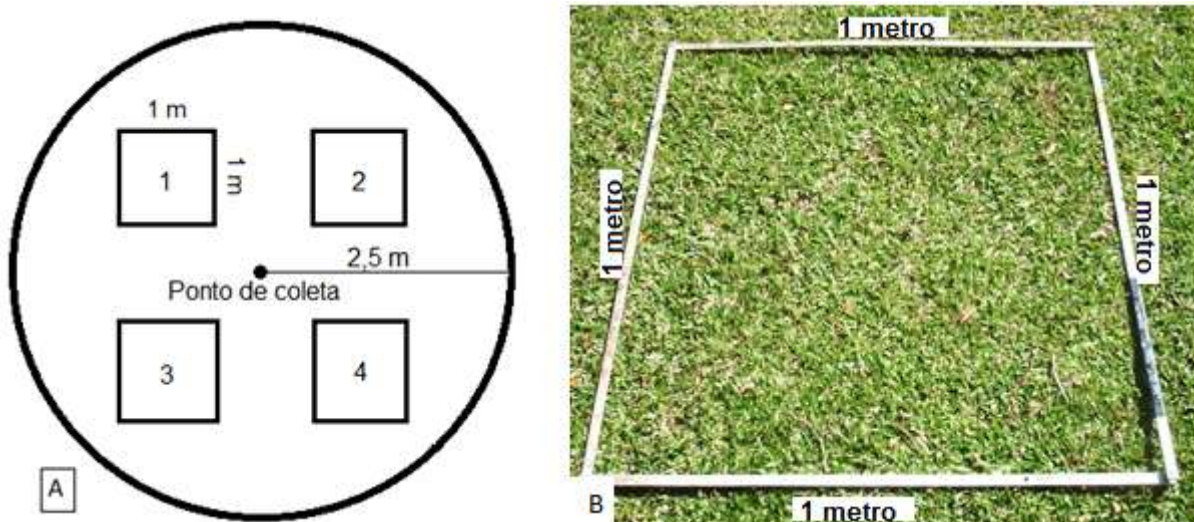


FIGURA 3 - Croqui da área de coletas no entorno do ponto de amostragem (A) e moldura metálica quadrada (B) utilizada para as coletas de material  
Fonte: o autor (2014)

Este equipamento de coleta (moldura) foi depositado em todos os pontos de amostragens rente ao solo (FIGURA 4A), retirando-se todo o material contido em seu interior para posterior separação em classes e análise das condições fisiológicas. Para o corte das plantas foram empregados facão, tesoura de poda e tesoura de jardim (FIGURA 4B). Todo o material retirado foi depositado sobre lona plástica e separado nas classes diamétricas de materiais previamente definidas (FIGURA 4C). Em seguida fez-se a determinação da massa dessas classes de

material em estado fresco (FIGURA 4D). Para a determinação da massa do material combustível em estado fresco, utilizou-se um dinamômetro graduado em gramas, com capacidade máxima de 2.500 g e com precisão de 20 g. Nos casos em que a massa de material fresco foi superior a 2.500 gramas, utilizou-se dinamômetro com capacidade de 5.000 g com a mesma precisão.



FIGURA 4 - Sequência da coleta de material combustível: deposição da moldura metálica (A); corte e retirada do material (B); separação em classes (C) e determinação da massa do material fresco (D)

Fonte: o autor (2014)

Após a retirada da parte aérea das plantas foi coletada toda a manta de material morto depositado rente ao solo, tratada como classe “miscelânea” (FIGURA 5). Para esta classe foi coletado tanto o material que se encontrava na superfície como aquele que já estava incorporado em certo grau ao solo, apresentando sinais de decomposição, mas que ainda apresentava características que proporcionavam sua queima, sendo, portanto, ainda considerado um material combustível. A

miscelânea foi acondicionada em sacos plásticos onde também foi determinada sua massa em estado fresco.



Figura 5. Coleta de material da classe miscelânea.  
Fonte: o autor (2014)

## 2.4 CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO

Na primeira etapa de amostragem realizada no mês de maio de 2012, todo o material coletado foi separado nas seguintes classes diamétricas: material vivo e morto com diâmetro menor ou igual a 0,7 cm, material vivo e morto com diâmetro maior que 0,7 cm e menor ou igual a 2,5 cm, material vivo e morto com diâmetro maior do que 2,5 cm e miscelânea. Com os resultados da análise de variância da carga dos materiais por classe diamétrica e por tipo de combustível, calculou-se a suficiência de amostragem (N) através do método sequencial de Stein, utilizando-se a seguinte fórmula (BATISTA, 1990).

$$N = \left( \frac{t^2 \cdot s^2}{E^2} \right)$$

Em que:

N = número de amostras;

$t^2$  = valor de t da tabela de Student;

$s^2$  = variância;



$E^2$  = erro amostral.

Obs. Para determinação de  $E^2$  utilizou-se o valor de 15% como limite de erro amostral, sendo, portanto,  $E^2 = (0,15 * Média)^2$ .

Só foram consideradas para as análises estatísticas as classes de material combustível que apresentaram suficiência amostral.

## 2.5 DETERMINAÇÃO DA CARGA (MASSA) DE MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO

Após a determinação da massa do material fresco em campo, foram retiradas subamostras das classes de material em todos os pontos de coletas (FIGURA 6A). Essas subamostras foram imediatamente acondicionadas em sacos de papel e também de plásticos bem vedados para evitar a perda de umidade, identificados com etiquetas adesivas contendo as informações referentes à classe do material e ao ponto de amostragem proveniente. Posteriormente, as subamostras foram levadas ao Laboratório de Incêndios Florestais da UFPR onde foram primeiramente, determinadas as massas destas em estado fresco (FIGURA 6B) e, em seguida, colocadas para secar. A secagem do material das subamostras foi realizada em estufas elétricas em temperatura constante de 75 °C, com o material permanecendo por 48 horas, embalado em cartuchos de papel (FIGURA 6C). Após a secagem, fez-se a determinação da massa do material seco com a utilização de balanças com capacidade de 2600 g e precisão de 1g (FIGURA 6D). Para todas as amostras foram subtraídas as massas dos sacos de plástico e papel.

Sabendo-se a massa inicial (material fresco) e a massa final (material seco) das subamostras, foi determinado o teor de umidade presente no material através da fórmula apresentada a seguir (BATISTA, 1990).

$$U\% = \left( \frac{Mf - Ms}{Ms} \right) * 100$$

Onde:

U% = teor de umidade do material combustível em %;

Mf = massa do material fresco no momento da coleta em grama;

Ms = massa do material combustível seco em estufa em grama.

Com a determinação do teor de umidade do material das subamostras, fez-se então o cálculo para a determinação da massa total de material coletado (em estado seco) para todas as classes em cada ponto de amostragem.



FIGURA 6 - Sequência de secagem e determinação da massa de material seco: separação de subamostra de material fresco (A), determinação da massa da subamostra de material fresco (B), secagem em estufa (C) e determinação da massa do material seco (D)

Fonte: o autor (2014)

Após a coleta, separação e secagem do material, foram determinadas para cada ponto de amostragem a massa do material vivo, material morto e miscelânea. Somando-se as massas das três classes, determinou-se a carga de material combustível para cada um dos 35 pontos de coleta e, com a somatória da carga de todos os pontos, a quantidade de material combustível para a área coletada em gramas por metro quadrado ( $\text{g.m}^{-2}$ ). Com esses valores calculou-se a quantidade de material em quilogramas por hectare ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), convertidos depois em toneladas por hectare ( $\text{ton.ha}^{-1}$ ).

Para a classe de material miscelânea (todo o material coletado foi levado ao laboratório) fez-se após seco, a separação do material combustível (vegetal) do material particulado proveniente do solo (areia e argila). Para a separação foram utilizadas peneiras com malhas de tamanhos diferenciados (FIGURA 7). Após a separação, fez-se então novamente a determinação da massa da miscelânea contendo somente matéria vegetal (combustível), determinando-se assim a carga real ( $\text{g.m}^{-2}$ ) dessa classe de combustível para os pontos de coletas e por  $\text{ton.ha}^{-1}$  para a área de estudo.

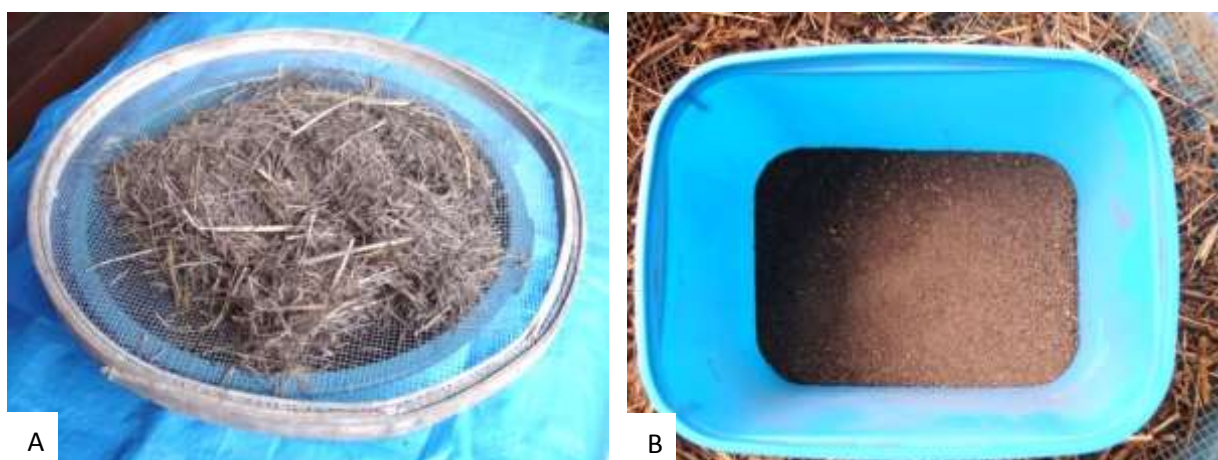


FIGURA 7 - Separação do material combustível (A) de material particulado do solo (B) da classe miscelânea

Fonte: o autor (2014)

## 2.6 IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS HERBÁCEAS

Após a conclusão das coletas sazonais, coletou-se material adicional para a identificação de espécies que contribuíram com a determinação da carga de material combustível da área de estudo. Para tanto, foram feitas coletas em 17 dos 35 pontos de amostragens definidos (FIGURA 8), utilizando-se para isso também a moldura metálica de  $1 \text{ m}^2$  de área.

Do material coletado nos 17 pontos, fez-se a separação do material botânico visualmente identificado como sendo de espécies diferentes. Depois de separado, o material foi levado ao Laboratório de Incêndios Florestais da UFPR, onde, após a secagem em estufa, foi preparado e acondicionado em forma de exsicatas para posterior identificação das espécies. Todas as exsicatas foram encaminhadas ao

Museu Botânico Municipal de Curitiba e identificadas por especialistas da área de botânica desta instituição.

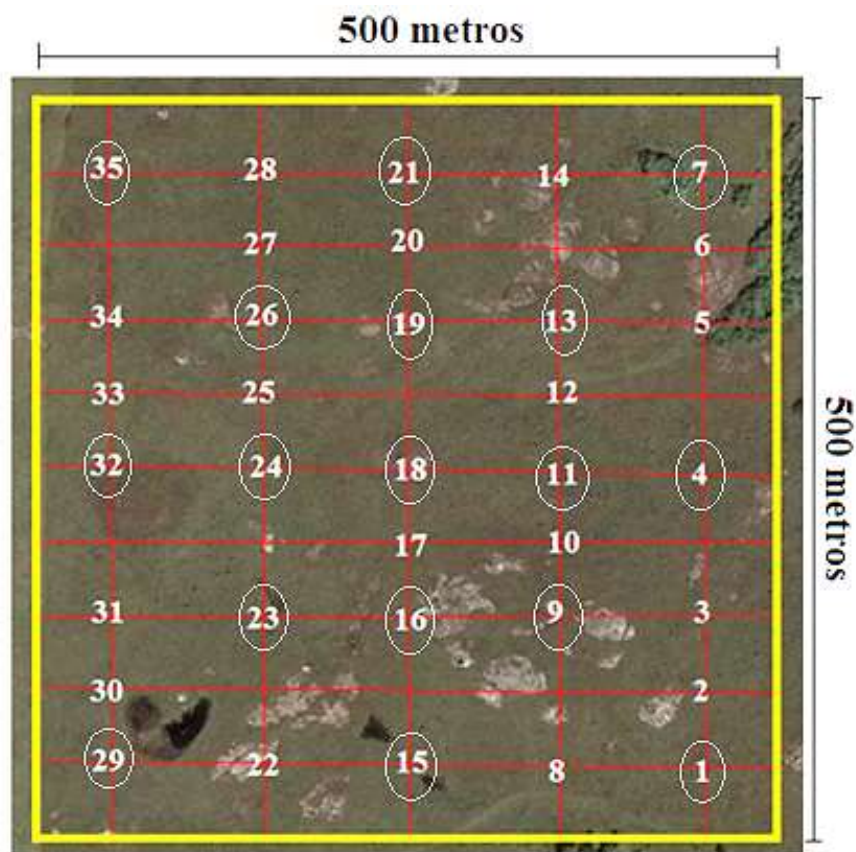


FIGURA 8 - Croqui da área de amostragem com a indicação dos 17 pontos de coletas (circundados) para identificação de espécies vegetais herbáceas

Fonte: Google Earth (2014), elaborada pelo autor

A identificação das espécies não teve o caráter de um inventário florístico e nem fitossociológico da vegetação da área de estudo, mas sim, o objetivo de verificar se o conjunto de plantas da massa de material coletada para a determinação da carga de combustível fino realmente eram características da região da Estepe Gramíneo-Lenhosa do Paraná. Após a identificação e a compilação das espécies em uma lista, fez-se a comparação com estudos realizados em diferentes locais dos Campos Gerais (ESTEVAN, 2006; CERVI *et al.*, 2007; DALAZOANA; SILVA; MORO, 2007; KOZERA, 2008; ANDRADE, 2010; DALAZOANA; MORO, 2011; DALAZOANA; BARBOSA; MORO, 2014) para verificar a similaridade entre as composições de espécies da lista deste estudo com as dos trabalhos levantados.



## 2.7 RELAÇÃO ENTRE A CONTRIBUIÇÃO DA CARGA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL DE ESPÉCIES DA FAMÍLIA POACEAE E DEMAIS FAMÍLIAS

Com o material coletado para a identificação das espécies fez-se a separação do material herbáceo em duas classes: a primeira composta por capins (Poaceae) e a segunda contendo as espécies das demais famílias botânicas, conforme mostrado na Figura 9. O objetivo dessa separação foi o de verificar a proporção entre gramíneas e não gramíneas na área e verificar a contribuição de cada uma das classes para com a carga de material combustível presente na área de estudo.



FIGURA 9 - Separação do material herbáceo entre poáceas (capins) e demais famílias

Fonte: o autor (2014)

## 2.8 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos foram compilados em planilhas digitais dos *softwares* Microsoft Office Word e Excel 2007. Para a análise estatística, os dados foram processados pelo *software* Statgraphics Centurion XV. Os testes estatísticos utilizados para análise e comparação dos dados foram: análise de variância, teste de comparação de médias Student-Newman-Keuls e o teste de comparação de diferenças de médias de Student (teste “t”).



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ESPÉCIES VEGETAIS HERBACEAS COLETADAS

Um total de 102 espécies vegetais pertencentes a 34 famílias botânicas foram coletadas com o método aplicado para a determinação da florística que compunha o material combustível do estrato herbáceo. Desse total, 6 espécies foram identificadas apenas em nível de família, sendo 5 da família Poaceae e 1 da família Malpighiaceae. A relação de espécies e famílias é apresentada no Apêndice 1.

A diversidade de espécies na área foi relativamente baixa quando comparada a estudos realizados na região dos Campos Gerais. No entanto, a menor diversidade específica parece fazer parte da dinâmica da vegetação dos campos naturais, que em áreas onde não ocorrem distúrbios (naturais ou antrópicos) por longo tempo, ocorre uma redução no número de espécies em face da competição interespecífica, conforme apresentado na literatura. Um exemplo é apresentado por Overbeck *et al.* (2007), que verificaram uma redução de 46% do número de espécies por unidade de área, num intervalo de tempo de 3 meses a 3 anos após a queima de uma área de campos no município de Porto Alegre - RS.

As famílias, gêneros e espécies identificadas para a área são características da região dos Campos Sulinos (OVERBECK *et al.*, 2007). Todas as espécies coletadas aparecem em listas de trabalhos realizados na região dos Campos Gerais que foram utilizadas como fontes de comparação (ESTEVAN, 2006; CERVI *et al.*, 2007; DALAZOANA; SILVA; MORO, 2007; KOZERA, 2008; ANDRADE; 2010; DALAZOANA; MORO, 2011; DALAZOANA; BARBOSA; MORO, 2014). A comprovação da ocorrência de todas as espécies coletadas para diferentes locais da região determina que a vegetação herbácea da área de amostragens deste estudo é de Estepe Gramíneo-Lenhosa.

As famílias mais representativas foram: Poaceae com 26 espécies e Asteraceae com 25 espécies. A quantidade de espécies dessas duas famílias demonstra que também para a área de estudo são as que apresentam maior riqueza de espécies, o que é padrão para toda região da Estepe Gramíneo-Lenhosa, conforme estudos realizados. A riqueza de espécies de Poaceae para a vegetação dos Campos Sulinos pode ser demonstrada pelo estudo de Welker e

Wagner (2007), que identificaram 124 espécies de capins para a área do Morro Santana, localizado nos municípios de Porto Alegre e Viamão no Rio Grande do Sul.

A maioria das demais famílias registradas foi representada por apenas uma espécie. A relação de famílias com respectivas quantidades de espécies registradas é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Famílias e quantidade de espécies registradas para o estrato herbáceo da área de estudo.

FAMÍLIA	NÚMERO DE ESPÉCIES
Amaranthaceae	1
Apiaceae	1
Apocynaceae	3
Asclepiadaceae	2
Aspleniaceae	1
Asteraceae	25
Bignoniaceae	1
Boraginaceae	1
Campanulaceae	1
Caryophyllaceae	1
Commelinaceae	1
Cyperaceae	3
Eriocaulaceae	1
Euphorbiaceae	1
Fabaceae	4
Gesneriaceae	1
Gleicheniaceae	1
Hypericaceae	1
Iridaceae	1
Juncaceae	1
Lamiaceae	5
Lycopodiaceae	1
Malpighiaceae	2
Malvaceae	1
Melastomataceae	5
Myrtaceae	1
Onagraceae	1
Oxalidaceae	1
Poaceae	26
Polygalaceae	2
Rubiaceae	3
Selaginellaceae	1
Verbenaceae	1
Total	102

Fonte: o autor (2014)

### 3.2 QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO POR CLASSE DIAMÉTRICA

Na Tabela 2 são apresentados os resultados durante a primeira fase de coleta (maio/2012) para as diferentes classes de material previstas inicialmente para serem analisadas.

Tabela 2 - Classes de materiais combustíveis inicialmente previstas para análise.

Classe	Carga (ton.ha <sup>-1</sup> )	Percentual (%) em relação à carga total
Material vivo com diâmetro $\leq 0,7$ cm	3,74	25,45
Material morto com diâmetro $\leq 0,7$ cm	5,10	34,61
Material vivo com diâmetro $> 0,7$ e $\leq 2,5$ cm	0,83	5,67
Material morto com diâmetro $> 0,7$ e $\leq 2,5$ cm	1,05	7,13
Material vivo com diâmetro $> 2,5$ cm	0,00	0,00
Material morto com diâmetro $> 2,5$ cm	0,02	0,14
Miscelânea – material fino morto com diâmetro $\leq 0,7$ cm, acamado ao solo	3,97	26,98
Total	14,71	100,00

Fonte: o autor

Pode-se verificar que o material fino (vivo + morto + miscelânea  $\leq 0,7$  cm de espessura) é bem mais representativo e tem distribuição homogênea pela área, o que não acontece com o material de maior espessura. Enquanto o material fino representou 87,05% da carga total do material coletado, o material com espessura maior que 0,7 e menor ou igual a 2,5 cm representou apenas 12,8% e o material com diâmetro maior do que 2,5 cm, somente 0,15%. Com base nestes resultados iniciais, verificou-se que para se atingir a suficiência de amostragens das classes de material de maior espessura por meio da metodologia aplicada, um número muito grande de amostras teria de ser feito, o que fez com que se optasse por não analisar essas classes neste estudo.

### 3.3 SUFICIÊNCIA DE AMOSTRAGEM

Na Tabela 3 são apresentados os resultados referentes à análise da suficiência de amostragem (N) para as classes de material, calculados com base nas cargas obtidas para as coletas feitas nas quatro estações do ano.

Tabela 3 - Cálculo da suficiência de amostragem (N) para as classes de materiais combustíveis herbáceos analisados.

Cálculo de N para as coletas de maio/2012 (outono)						
Classe	Média	Desvio	s <sup>2</sup>	t <sup>2</sup>	E <sup>2</sup>	N
Material vivo em pé ≤ 0,7	374,4797	190,5443	36307,1505	2,0332	3155,2887	<b>23,3932</b>
Material morto em pé ≤ 0,7	442,8625	250,2510	62625,5766	2,0332	4412,8632	<b>28,8515</b>
Miscelânea (mat. morto acamado)	518,9614	255,4326	65245,8609	2,0332	6059,7216	<b>21,8895</b>
Total de material combustível	1336,3037	395,3085	156268,8747	2,0332	40178,4213	<b>7,9070</b>
Cálculo de N para as coletas de agosto/2012 (inverno)						
Classe	Media	Desvio	s <sup>2</sup>	t <sup>2</sup>	E <sup>2</sup>	N
Material vivo em pé ≤ 0,7	144,3788	76,2067	5807,47	2,0332	469,0182	<b>25,1729</b>
Material morto em pé ≤ 0,7	417,5662	191,9085	36828,88	2,0332	3923,1360	<b>19,0850</b>
Miscelânea (mat. morto acamado)	399,5485	148,9763	22193,95	2,0332	3591,8788	<b>12,5617</b>
Total de material combustível	961,4937	314,0774	98644,64	2,0332	20800,5786	<b>9,6412</b>
Cálculo de N para as coletas de novembro/2012 (primavera)						
Classe	Media	Desvio	s <sup>2</sup>	t <sup>2</sup>	E <sup>2</sup>	N
Material vivo em pé ≤ 0,7	342,9388	132,9941	17687,4500	2,0332	2646,1588	<b>13,5889</b>
Material morto em pé ≤ 0,7	462,2005	148,2828	21987,8063	2,0332	4806,6607	<b>9,2998</b>
Miscelânea (mat. morto acamado)	282,4731	78,16323	6109,4908	2,0332	1795,2992	<b>6,9183</b>
Total de material combustível	1087,6125	198,9320	39573,9604	2,0332	26615,2748	<b>3,0228</b>
Cálculo de N para as coletas de fevereiro/2013 (verão)						
Classe	Media	Desvio	s <sup>2</sup>	t <sup>2</sup>	E <sup>2</sup>	N
Material vivo em pé ≤ 0,7	398,7825	127,5274	16263,2421	2,0332	3578,1196	<b>9,2403</b>
Material morto em pé ≤ 0,7	452,0577	258,4619	66802,5944	2,0332	4598,0139	<b>29,5365</b>
Miscelânea (mat. morto acamado)	213,6005	61,5911	3793,4721	2,0332	1026,5670	<b>7,5125</b>
Total de material combustível	1064,4408	332,5310	110576,8668	2,0332	25493,2726	<b>8,8181</b>

Os resultados da coluna “N” demonstram que para todas as classes de material definidas, as coletas feitas em 35 pontos foram suficientes para se atingir as suficiências de amostragens. O número de pontos amostrados foi, portanto, suficiente para caracterizar a carga de material fino da área de estudo.

As cargas de material seco (em toneladas) e o teor de umidade (%) das classes de material selecionadas para análise coletadas nos 35 pontos de amostragens, nas quatro estações do ano estão, apresentadas no Apêndice 2.

### 3.4 QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO FINO

As médias obtidas e os resultados do teste de comparação de médias, referentes à carga do material combustível herbáceo fino (seco, em ton.ha<sup>-1</sup>), realizadas nas quatro coletas por estações do ano estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Carga média (ton.ha<sup>-1</sup>) e comparação de médias das classes de material combustível herbáceo.

Coletas/estação climática	Material vivo (ton.ha <sup>-1</sup> )	Material morto (ton.ha <sup>-1</sup> )	Miscelânea (ton.ha <sup>-1</sup> )	Total de material combustível (ton.ha <sup>-1</sup> )
1 – Outono	3,744 <sub>a</sub>	5,092 <sub>a</sub>	3,970 <sub>a</sub>	12,807 <sub>a</sub>
2 – Inverno	1,443 <sub>b</sub>	4,175 <sub>a</sub>	3,995 <sub>a</sub>	9,613 <sub>b</sub>
3 – Primavera	3,429 <sub>a</sub>	4,622 <sub>a</sub>	2,824 <sub>b</sub>	10,875 <sub>b</sub>
4 – Verão	3,987 <sub>a</sub>	4,520 <sub>a</sub>	2,146 <sub>c</sub>	10,653 <sub>b</sub>
<b>Média</b>	<b>3,150</b>	<b>4,602</b>	<b>3,233</b>	<b>10,987</b>

Nota: Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de comparação de médias SNK a 95% de probabilidade.

A carga total de material combustível fino obtida pelas médias das coletas realizadas nas quatro estações do ano foi de 10,987 toneladas por hectare. Desse total, 7,752 toneladas eram de material em pé (vivo e morto), e 3,233 toneladas de material acamado no solo (miscelânea).

Do total da carga de material em pé, quase 82% eram composto por Poaceae (capins), demonstrando que para o estrato herbáceo da área é a família que mais contribui em quantidade de biomassa vegetal (material combustível). A proporção entre as cargas de material combustível de Poaceae e de outras famílias registradas pode ter relação direta com o padrão de diversidade florística verificado para os campos naturais do sul do Brasil, que segundo Boldrini (1997) é de aproximadamente 400 espécies de Poaceae e de 150 de outras famílias, especialmente de Fabaceae.

A relação percentual entre a biomassa de poáceas com a de outras espécies de várias famílias encontradas neste estudo é de certa forma similar à proporção encontrada por Ottmar *et al.* (2001) para áreas de Campos Sujos de Cerrados (região das savanas). Naquele estudo, os autores encontraram em amostragens feitas em sete áreas de Cerrado, valores da composição de biomassa de poáceas variando de 76,02 a 93,31%, com a média de 86,92%. Em estudo realizado também em campo sujo de Cerrado, Batmanian (1983) encontrou valores entre 68 a 78% da biomassa do estrato rasteiro composto por poáceas. Onigemo, Miranda e Haridasart (2003) encontraram valores entre 56 a 66% da biomassa do estrato rasteiro em diferentes áreas sobre efeitos de passagem de fogo bienal e quadrienal em Campos Sujos de Cerrado.

A carga de material combustível em regiões dominadas por vegetação rasteira (campos), caso das estepes e das savanas, pode ser bastante variável.

Segundo Miranda, Silva e Miranda (1996), nesses ambientes geralmente existem interferências naturais (variáveis climáticas e pedológicas) e antrópicas, que influenciam na composição de espécies vegetais e no seu desenvolvimento. Uma revisão de literatura realizada pelos autores apontou valores de carga de material combustível com variações de 4,90 a 13,80 ton.ha<sup>-1</sup> para a vegetação campestre em diferentes países. Rego e Botelho (1990) citam para áreas de pastagens e arbustos variações entre 2,0 a 12,0 ton.ha<sup>-1</sup>. Portanto, o valor da carga de material combustível registrado neste estudo está dentro da faixa de valores que geralmente é observada, conforme estudos realizados em vegetação de campos.

O valor encontrado foi superior ao obtido por Fidelis *et al.* (2010) numa área de campos alterados (estepe) na região de Porto Alegre, cujo valor para o material fino ( $\leq 0,7$  cm) variou de 2,70 a 10,10 ton.ha<sup>-1</sup>. Comparado a outros estudos é similar ao encontrado por Ottmar *et al.* (2001) que em uma área de campo limpo da região do Cerrado (savana) com dois anos sem queimas, apresentou um valor de 11,59 ton.ha<sup>-1</sup>. Também na mesma região fitogeográfica, os autores determinaram valores de 14,65 ton.ha<sup>-1</sup> e de 16,33 ton.ha<sup>-1</sup> para outras duas áreas de campos limpos com 4 e 3 anos sem a passagem do fogo respectivamente, valores maiores do que o encontrado neste estudo. Ainda na região do Cerrado, os mesmos autores determinaram para uma área de campo sujo com 3 anos sem queima o valor de 10,11 ton.ha<sup>-1</sup> e para outra (também de campo sujo) o valor de 10,28 ton.ha<sup>-1</sup>, sendo que em ambos os casos foram considerados apenas os valores da carga de material fino  $\leq 0,7$  cm. Os valores determinados pelos autores para as duas áreas de campos sujos, embora menores que a carga de material determinada para este estudo, são pouco diferenciados.

Miranda, Silva e Miranda (1996), também realizando estudo em vegetação de campo sujo de Cerrado (numa forma fisionômica dominada por poáceas contendo até 1% de arbustos) com 18 anos sem ocorrência de fogo, encontraram valores máximos de carga de 9,90 ton.ha<sup>-1</sup>. Pivello e Coutinho (1992) encontraram, em pesquisa realizada em vegetação de Cerrado do estado de São Paulo, valor médio de carga de combustível igual a 6,30 ton.ha<sup>-1</sup>. Castro (1995) ao analisar o material superficial (em grande parte material fino) de duas fisionomias de Cerrados (campo limpo e campo sujo) da Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, determinou para a fisionomia campo limpo a carga de 5,54 ton.ha<sup>-1</sup> e, para a fisionomia campo sujo, a

carga de 9,34 ton.ha<sup>-1</sup>. Delitti, Pausas e Burger (2001) encontraram cargas diferenciadas de material superficial para uma área de Campo Cerrado (Savana Aberta) sob ação frequente do fogo, com mínimo de 8,54 ton.ha<sup>-1</sup> na estação seca e máxima de 14,48 ton.ha<sup>-1</sup> ao final da estação chuvosa.

Pesquisas realizadas em vegetação de campos e savanas de outros países mostram resultados bem diversificados. Bidwell, Engle e Claypool (1990) em estudos realizados em duas áreas com vegetação das pradarias dos Estados Unidos, encontraram valores médios de 2,97 ton.ha<sup>-1</sup> e de 4,16 ton.ha<sup>-1</sup> respectivamente. Bidwell e Angle (1991) também realizando estudo na mesma vegetação registraram uma carga média de 3,57 ton.ha<sup>-1</sup>, enquanto que Trollope e Trollope (2002) registraram para as Savanas da África do Sul 3,84 ton.ha<sup>-1</sup>, com valores mínimo e máximo de 1,15 ton.ha<sup>-1</sup> e 10,50 ton.ha<sup>-1</sup> respectivamente. Na região do Chaco argentino, Kunst *et al.* (2012) encontraram em duas áreas distintas de experimentos de comportamento do fogo, valores de 2,89 ton.ha<sup>-1</sup> e 6,32 ton.ha<sup>-1</sup> de material com espessura  $\leq 0,7$  cm.

### 3.5 REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DO MATERIAL HERBÁCEO

Na Tabela 5 são apresentados os valores registrados para as classes de material vivo, morto, miscelânea e carga total de material fino para cada estação do ano.

Tabela 5 - Representatividade média das classes de material combustível herbáceo fino nas diferentes estações do ano.

Coletas/Estação	Material vivo (%)	Material morto (%)	Miscelânea (%)
1 – Outono	29,76 <sub>a</sub>	38,25 <sub>a</sub>	31,97 <sub>a</sub>
2 – Inverno	15,86 <sub>b</sub>	42,51 <sub>a</sub>	41,62 <sub>b</sub>
3 – Primavera	31,44 <sub>a</sub>	42,54 <sub>a</sub>	26,00 <sub>c</sub>
4 – Verão	38,92 <sub>c</sub>	40,40 <sub>a</sub>	20,66 <sub>d</sub>

Nota: médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de comparação de médias SNK a 95% de probabilidade.

As análises estatísticas apresentadas na Tabela 5 demonstraram que não houve diferenças significativas entre as médias do percentual de material combustível morto das quatro estações do ano. Já para o material vivo, a primavera e o outono apresentaram valores estatisticamente similares, enquanto que as

estações do inverno e do verão apresentaram diferenças significativas entre si e com as demais estações.

No inverno, foi registrada uma queda significativa na quantidade de material vivo, representando apenas 15,86% da carga total de material combustível determinada para esta estação. A acentuada diminuição de material vivo no período do inverno certamente tem ligação direta com a variável precipitação (que geralmente é baixa nessa estação) e, principalmente, com a ocorrência de geada, que provoca a morte de boa parte da vegetação dos estratos herbáceo e arbustivo.

No período de verão, com a elevação dos índices pluviométricos e das temperaturas, registrou-se um aumento no percentual de material vivo, que representou 38,92% do total da carga de material combustível determinada para esta estação. Somente na estação do verão é que o percentual de material vivo chegou próximo ao do registrado para o material morto.

Na classe miscelânea foram registradas diferenças significativas para os resultados obtidos nas quatro estações. Nesta classe, o menor percentual em relação à carga total de material foi verificado para o verão (20,66%) e o maior para o inverno (41,62%). Em princípio, houve uma correlação entre a classe miscelânea e a classe de material combustível vivo. Com exceção da estação do outono, quando as porcentagens em relação à carga total foram semelhantes (29,76% para o material vivo e 31,97 para a miscelânea), nas demais estações houve diferenças significativas. Para o inverno, primavera e verão, sempre que houve um aumento de material vivo, ocorreu a diminuição da miscelânea e vice versa.

Verifica-se que o percentual de material morto em pé foi sempre maior do que o do vivo. A maior diferença foi registrada para o período de inverno, quando praticamente o percentual de material morto foi três vezes maior do que o material vivo. Somado ao material acamado sobre o solo (miscelânea), o total de material morto para a estação do inverno representou 85,02% do material coletado.

A grande diferença verificada para o inverno demonstra bem o quanto esta estação é crítica para a ocorrência de incêndios na região da estepe paranaense. Além da composição da vegetação do estrato herbáceo ser em grande parte de material fino (com espessura  $\leq 0,7$  cm), considerado por Soares (1985) como material combustível perigoso devido à facilidade de ignição, também as condições climáticas contribuem para a propagação do fogo. Além das geadas, as precipitações nesse período do ano geralmente decrescem bastante em relação às



outras estações. No mês de agosto de 2012 quando foram realizadas as coletas, a precipitação acumulada do mês ficou em 10,2 mm, ocorrendo chuvas em somente niove dias, sendo que em cinco desses a precipitação não atingiu mais do que 0,2 mm (FUNDAÇÃO ABC, 2014).

A menor diferença entre o percentual de material morto e vivo foi registrada para a estação do verão, quando 38,92% eram de material vivo e 40,40% de material morto. Nessa estação do ano, além de não haver ocorrência de geadas, as precipitações também são mais frequentes e intensas. Mesmo com os valores das duas classes sendo muito próximos na estação do verão, ainda assim, o percentual de material morto foi maior em relação ao vivo. Com base nesses resultados, pode-se afirmar que para ser utilizada para fins produtivos (pecuária, ovinocultura, caprinocultura, etc.), a vegetação da estepe necessita ser manejada periodicamente por diferentes técnicas de manejo, inclusive queima controlada, para oferecer alimento fresco e mais nutritivo aos animais.

### 3.6 TEOR DE UMIDADE DO MATERIAL

Os valores do teor de umidade e os testes de comparação de médias para as classes de material combustível nas quatro coletas realizadas (estações do ano) são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Teor de umidade das classes de material combustível herbáceo.

Classes	Descrição	Teor de umidade (%)			
		Coleta – 1 (outono)	Coleta – 2 (inverno)	Coleta – 3 (primavera)	Coleta – 4 (verão)
MV	Material vivo	135,74 <sub>a</sub>	127,80 <sub>a</sub>	130,01 <sub>a</sub>	138,21 <sub>a</sub>
MM	Material morto	42,59 <sub>a</sub>	49,30 <sub>a</sub>	52,63 <sub>a</sub>	80,62 <sub>b</sub>
MS	Miscelânea	46,02 <sub>a</sub>	56,32 <sub>a</sub>	52,84 <sub>a</sub>	79,26 <sub>b</sub>

Nota: Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de comparação de médias SNK a 95% de probabilidade.

Observa-se que para o material vivo, as variações no teor de umidade ao longo das quatro estações do ano não foram significativas. No entanto, para as classes de material morto, miscelânea e carga total, houve uma diferença estatística significativa entre a estação do verão e as demais estações. O maior teor de umidade verificado para as três classes para o verão certamente tiveram influências

diretas de variáveis meteorológicas, principalmente, das chuvas. Durante o mês em que foram realizadas as coletas de material para essa estação (fevereiro de 2013), foram registradas chuvas em 23 dias, com o acumulado de precipitação ficando em 316 mm no mês. Para as demais estações, nos meses em que foram feitas as coletas os acumulados das precipitações foram: 72,8 mm no outono (maio/2012), 70,8 mm na primavera (novembro/2012) e 10,2 mm no inverno (agosto de 2012) (FUNDAÇÃO ABC, 2014).

Devido à alta precipitação, maior percentual de umidade relativa do ar e ao maior teor de umidade dos combustíveis no verão, o perigo de incêndios na região nesta estação decresce significativamente, aumentando gradativamente nas demais estações.

## 4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nesse estudo, pode-se concluir que:

O valor da carga de material combustível do estrato herbáceo (material fino) da região de estepe no Paraná é compatível com o encontrado para a vegetação de campos em diferentes países, de acordo com os resultados encontrados na literatura;

A relação entre material vivo e morto em pé varia durante as diferentes estações do ano, sendo os valores do material morto sempre maiores;

O teor de umidade do material vivo nas quatro estações do ano manteve-se praticamente constante em face ao seu estado fisiológico, enquanto que o material morto em pé e a miscelânea sofreram variações influenciadas pelas variáveis meteorológicas.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, B. O. **A vegetação das nascentes do rio Tibagi e sua relação com o regime hídrico dos solos**. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Setor de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, 2010.
- ANNE, G.; MARIELLE, J.; LAMPIN-MAILLET, C.; THOMAS, C. LAURENT, B. Fuel characterization and effects of wildlife recurrence on vegetation structure on limestone soils in southeastern France. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, p. 515 - 523, 2009.
- BATISTA, A. C. **Determinação de umidade do material combustível sob povoamento de *Pinus taeda* L.** 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.
- BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 1990.
- BATISTA, A. C. **Avaliação da queima controlada em povoamentos de *Pinus taeda* L. no norte do Paraná**. 108 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.
- BATMANIAN, G. J. **Efeitos do Fogo Sobre a Produção Primária e a Acumulação de Nutrientes de Estrato Rasteiro de um Cerrado**. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade de Brasília, Departamento de Biologia Vegetal, Brasília: UnB, 1983.
- BEUTLING, A.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; VITORINA, M. D. Quantificação de material combustível superficial em reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 35, n. 3, p. 465 - 472, 2005.
- BEUTLING, A.; BATISTA, A. C.; STOLLE, L.; TETTO, A. F.; ALVES, M. V. G. Caracterização e modelagem de material combustível superficial em povoamentos de *Pinus elliottii*. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 3, p. 443 - 452, 2012.
- BIDWELL, T. G.; ENGLE, D. M. Behavior of headfires and backfires on tallgrass prairie. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FIRE AND ENVIRONMENT: ECOLOGICAL AND CULTURAL PERPECTIVES, 1991, Knoxville. **Annais...** Knoxville, USDA Forest Service, 1991, p. 344 - 350.
- BIDWELL, T. G.; ENGLE, D. M.; CLAYPOOL, P. L. Effects of spring headfires and backfires on tallgrass prairie. **Journal of Range Management**. Phoenix – USA, v. 43, n. 3, 1990, p. 209 - 212.
- BILGILI, E.; KUÇUK, O. Estimating Above-Ground Fuel Biomass in Young Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) **Energy & Fuels**, Washington, v. 23, p. 1797 - 1800, 2009.

BOLDRINI, I. I. Campos do Rio Grande do Sul: caracterização fisionômica e problemática ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências da UFRGS**, n. 56, p. 1 - 39, 1997.

BROWN, J. K.; OBERHEU, R. D.; JOHNSTON, C. M. **Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the interior west**. US Departamento of Agriculture – Forest Service, 1982.

CASTRO, E. A. de. **Biomass, nutrient pools and response to fire in the brazilian cerrado**. 118 f. Tese (Doutorado) – Oregon State University, Portland - USA, 1995.

CERVI A. C.; LINSINGEN L.; HATSCHBACH G.; RIBAS O. S. A vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Boletim do Museu Botânico Municipal**, Curitiba, v. 69, p. 1 - 52, 2007.

CONTRERAS, I. E.; CERVANTES, E. R. A. Evaluación de combustibles forestales en el Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo. Ecología y biodiversidad, claves de la prevención. Evaluación de combustibles forestales. **Wildfire**, Sevilha, p. 1 - 17, 2007.

DALAZOANA, K.; SILVA, M. A.; MORO R. S. Comparação de três fisionomias de campo natural no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, PR. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 675 - 677, 2007.

DALAZOANA, K.; MORO R. S. Riqueza específica em áreas de campo nativo impactadas por visitação turística e pastejo no Parque Nacional dos Campos Gerais, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 2, p. 387 - 396, 2011.

DALAZOANA, K.; BARBOSA, T. A.; MORO R. S. **A vegetação nas unidades de paisagem na porção da escarpa devoniana, Parque Nacional dos Campos Gerais, PR.** Disponível em: <<http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhoscompletos/eixo2/006.Pdf>>. Acesso em: 12/06/2014.

DELITTI, W. B. C.; PAUSAS, J. G.; BURGER, D. M. Belowground biomass seasonal variation in two neotropical savannahs (brazilian cerrados) with different fire histories. **Annals of Forest Science**, Les Ulis - France, v. 58, n. 7, p. 713 - 721, 2001.

ESTEVAN, D. A. **A vegetação no município de Ventania (Paraná, Brasil)**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, 2006.

FIDELIS, A.; DELGADO-CARTAY, M. D.; BLANCO, C. C.; MÜLLER, C. S.; PILLAR, V. D.; PFADENHAUER, J. Fire intensity and severity in brazilian campos grassland. **Interciencia**, Caracas, v. 35, n. 10, p. 739 - 745, 2010.

FOSBERG, M. A. ROTHERMEL, R. C., ANDREWS, P. I. Moisture calculations for 1000 hour timelag fuels. **Forest Science**, Bethesda – USA, v. 27 n.1, p 19 - 26, 1981.

FOSBERG, M. A.; LANCASTER, J. W.; SCHROEDER, M. J. Fuel moisture response – Drying relationships under standar and field conditions. **Forest Science**, Bethesda – USA, v. 16, p. 121 - 128, 1970.

FUNDAÇÃO ABC. **Sistema de monitoramento agrometeorológico**. Disponível em: <<http://sma.fundacaoabc.org.br/monitoramento/grafico/diario>>. Acesso em: 10/06/2014.

GOULD, J. S.; McCAW, W. L.; CHENEY, N. P. Quantifying fine fuel dynamics and structure in dry eucalypt forest (*Eucalyptus marginata*) in western Australia for fire management. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 262, p. 531 - 546, 2011.

GONZÁLEZ, A. D. R. **La Predicción de La Humedad en Los Restos Forestales Combustibles; Aplicación a Masas Arboladas en Galicia**. 370 f. Tese (Doutorado) - Universidad Politécnica de Madrid - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, 2004.

GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com>. 2014.

KOZERA, C. **Florística e fitossociologia de uma formação pioneira com influência fluvial e de uma Estepe Gramíneo-Lenhosa em diferentes unidades geopedológicas, município de Balsa Nova, Paraná, Brasil**. 267 f. Tese (Doutorado em Conservação da Natureza) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2008.

KUNST, C.; LEDESMA, R.; BRAVO, S.; DEFOSSÉ, G.; GODOY, J.; NAVARRETE, V. Fire behavior in an ecotonal grassland of the Chaco region, Argentina. **RIA**, Buenos Aires, v. 38, n.1, 2012.

MIRANDA, H. S.; SILVA, E. P. R.; MIRANDA, A. C. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. de S. (Org.) **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: UnB - ECL, p. 1 - 10, 1996.

ONIGEMO, A. E.; MIRANDA, H. S.; HARIDASART, M. Efeitos de queimadas bienais e quadrienais sucessivas sobre a biomassa do estrato rasteiro de campo sujo de cerrado. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2003, p. 361 - 362.

OTTMAR, R. D.; VIHNAMEK, R. E. MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A. **Stereo photo series for quantifying cerrado fuels in central Brazil** - volume I. Brasília, USDA - UNB, 2001.

OVERBECK, G. E.; MÜLLER, S. C.; FIDELIS, A.; PFADENHAUER, J.; PILLAR, V. D.; BLANCO, C. C.; BOLDRINI, I. I.; BOTH, R.; FORNECK, E. D. Brazil's neglected biome: the south brazilian campos. **ScienceDirect**, Amsterdam, v. 9, p. 101 - 116, 2007.

PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (brazilian savanna). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 8, n. 4, p. 487 - 497, 1992.

REINER, A. L.; TAUSCH R. J.; WALKER, R. F. Estimation procedures for understory biomass and fuel loads in Sagerrush Steppe invaded by woodlands. **Western North American Naturalist** v.70, n. 3, p. 312 - 322, 2010

REGO, F. C.; BOTELHO, H. S. **A técnica do fogo controlado**. (S.L.: s.n.), 1990. 124 p.

RIBEIRO, S. C.; FEHRMANN, L.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. C.; KLEIN, C.; OLIVEIRA-GASPAR, R. Above and belowground biomass in a Brazilian cerrado. **Forest Ecology and Management**, v.262, p. 491 - 499, 2011.

SAGLAM, B.; KÜÇÜK, Ö.; BILGILI, E.; DURMAZ, B. D.; BAYSAL, I. Estimating fuel biomass of some shrub species (Maquis) in Turkey. **Turkey Journal of Agriculture and Forest**, Ankara, v. 32, p 349 - 356, 2008.

SAH, J. P.; ROSS, M. S. KOPTUR, S.; SNYDER, J. R. Estimating aboveground biomass of broadleaved woody plants in the understory of Florida Keys pine forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 203, p. 319-329, 2004.

SCHEIDER, B. H.; BELL, D. T. A simple, effective technique for rapid measurement of fuels in low shrub communities. **Australian Forest Research**, Est. Melbourne, v. 15, n. 1, p. 84 - 92, 1985.

SOARES, R. V. Determinação da quantidade de material combustível acumulado em plantios de *Pinus* spp. na região de Sacramento (MG). **Floresta**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 48 - 62, 1979.

SOARES, R. V. **Incêndios florestais**: controle e uso do fogo. Curitiba: FUPEF, 1985.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**: controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba: FUPEF, 2007.

SOUZA, L. J. B. de; SOARES, R. V. BATISTA, A. C. Modelagem de material combustível em plantações de *Pinus taeda* no norte de Santa Catarina. **Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 2, p. 157 - 168, 2003.

TROLLOPE, W. S. W.; TROLLOPE, L. A. Fire behaviour a key fator in the fire ecology of African grassland and savannas. In: VIEGAS, D. X. (Org.), **Forest Fire Research & Wildland Fire Safety**, Coimbra, Ed. Viegas, p. 1 - 15, 2002.

VÉLEZ, R. **La Defensa contra Incêndios Forestales**: Fundamentos y Experiências. España, 2000. 1320p.

WELKER, C. A. D.; WAGNER, H. M. L. A família Poaceae no Morro Santana, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 53 - 92, 2007.

YEBRA, M.; CHUVIECO, E.; RIAÑO, D. Investigation of a method to estimate live fuel moisture content from satellite measurements in fire risk assessment. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 234, p. 12 - 32, 2006.



## APÊNDICES

## APÊNDICE 1

Tabela 7 - Espécies coletadas para verificação da composição florística do estrato herbáceo

FAMÍLIA/ ESPÉCIE	CITAÇÕES/REFERÊNCIAS
<b>Amaranthaceae</b> <i>Pfaffia tuberosa</i> (Spreng.) Hicken	Cervi <i>et al.</i> (2007); Kozera (2008); Estevan (2006).
<b>Apiaceae</b> <i>Eryngium horridum</i> Cham. & Schtdl.	Cervi <i>et al.</i> (2007); Kozera (2008); Estevan (2006); Andrade (2010). Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Apocynaceae</b> <i>Mandevilla pohliana</i> (Stadelm.) A. H. Gentry <i>Mandevilla atrovioleacea</i> (Stad.) <i>Macrosiphonia longiflora</i> (desf.) Müll. Arg.	Cervi <i>et al.</i> (2007). Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014). Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Asclepiadaceae</b> <i>Ditassa edmundoi</i> Font. et Valente <i>Oxypetalum capitatum</i> Mart.	Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014). Cervi <i>et al.</i> (2007).
<b>Aspleniaceae</b> <i>Asplenium kunzeanum</i> (Realia)	Dalazoana <i>et al.</i> (2014); Dalazoana, Silva, Moro (2007); Dalazoana e Moro (2011).
<b>Asteraceae</b> <i>Artemisia verlotorum</i> Lamotte <i>Aspilia setosa</i> Griseb.	Dalazoana <i>et al.</i> (2014). Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana, Silva, Moro (2007); Dalazoana e Moro (2010); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<i>Aspilia montevidensis</i> (Spreng.) Kuntze	Cervi <i>et al.</i> (2007); Kozera (2008); Estevan (2006); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<i>Baccharis coridifolia</i> DC.	Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<i>Baccharis megapotamica</i> Spreng.	Cervi <i>et al.</i> (2007); Andrade (2010).
<i>Baccharis pentodonta</i> Malme	Cervi <i>et al.</i> (2007); Kozera (2008).
<i>Baccharis trilobata</i> A. S. Oliveira & Marchiori	Cervi <i>et al.</i> (2007).
<i>Baccharis axilaris</i> DC	Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<i>Baccharis stenocephala</i> DC.	Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<i>Chaptalia graminifolia</i> (Dusén) Cabr	Dalazoana <i>et al.</i> (2014); Kozera (2008).
<i>Chromolaena ascendens</i> (Sch.Bip.ex Baker) R .M. King & H. Rob.	Cervi <i>et al.</i> (2007).
<i>Chrysolaena nicolackii</i> H. Rob.	Cervi <i>et al.</i> (2007).
<i>Elephantopus mollis</i> Kunth	Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<i>Grazielia intermedia</i> (DC.) R .M. King & H. Rob.	Cervi <i>et al.</i> (2007).
<i>Grazielia multifida</i> (DC.) R. M. King & H. Rob.	Cervi <i>et al.</i> (2007); Andrade (2010).
<i>Grazielia serrata</i> (Spreng.) R. M. King & H. Rob.	Cervi <i>et al.</i> (2007).
<i>Gyptis pinnatifida</i> Cass.	Cervi <i>et al.</i> (2007).
<i>Pterocaulon alopecuroides</i> (Lam.) DC.	Dalazoana <i>et al.</i> (2014); Kozera (2008).
<i>Stenocephalum megapotamicum</i> (Spreng.) Sch.Bip.	Cervi <i>et al.</i> (2007); Kozera (2008).
<i>Vernonanthura nudiflora</i> (Less.) H.Rob.	Kozera (2008); Andrade (2010); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
Indeterminada 1	
Indeterminada 2	
Indeterminada 3	
Indeterminada 4	
Indeterminada 5	
<b>Bignoniaceae</b> <i>Anemopayema prostratum</i> DC	Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).

continua...

continuação

FAMÍLIA/ ESPÉCIE	CITAÇÕES/REFERÊNCIAS
<b>Boraginaceae</b> <i>Moritzia dusenii</i> I. M. Johnst	Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana, Silva, Moro (2007); Kozera (2008); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Campanulaceae</b> <i>Lobelia camporum</i> Pohl	Cervi <i>et al.</i> (2007); Kozera (2008); Estevan (2006); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Caryophyllaceae</b> <i>Stellaria media</i> (L.) Cyrill	Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Commelinaceae</b> <i>Commelina</i> sp.	Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Cyperaceae</b> <i>Rhynchospora albiceps</i> Kunth. <i>Rhynchospora rigida</i> (K.) Boeck. <i>Scirpus vallis</i>	Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).  Cervi <i>et al.</i> (2007); Kozera (2008); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Eriocaulaceae</b> <i>Eriocaulon sellowianum</i> Kunth	Cervi <i>et al.</i> (2007); Kozera (2008).
<b>Euphorbiaceae</b> <i>Croton</i> sp.	Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana e Moro (2010), Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Fabaceae</b> <i>Eriosema campestre</i> Benth. <i>Eriosema heterophyllum</i> Benth.  <i>Galactia boavista</i> (Vell.) Burkart  <i>Trifolium repens</i> L.	Dalazoana et al. (2014); Dalazoana e Moro (2010); Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana, Silva, Moro (2007); Kozera (2008); Estevan (2006); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).  Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana, Silva, Moro (2007); Kozera (2008); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014). Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Gesneriaceae</b> <i>Sinningia allagophylla</i> (Mart.) Wiehler	Cervi <i>et al.</i> (2007); Estevan (2006); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Gleicheniaceae</b> <i>Dicranopteris flexuosa</i> (Schrad.) Underw.	Andrade (2010).
<b>Hypericaceae</b> <i>Hypericum brasiliense</i> Choisy	Kozera (2008).
<b>Iridaceae</b> <i>Sisyrinchium vaginatum</i> Spreng.	Cervi <i>et al.</i> (2007); Kozera (2008); Estevan (2006); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Juncaceae</b> <i>Juncus microcephalus</i> Kuntze	Cervi <i>et al.</i> (2007); Kozera (2008); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Lamiaceae</b> <i>Cantinoa plectranthoides</i> (Benth.) Harley & J. F. B. Pastore	Cervi <i>et al.</i> (2007).
<b>Lamiaceae</b> <i>Peltodon rugosus</i> Tolm.  <i>Peltodon longipes</i> St. Hill. <i>Salvia lachnostachys</i> Benth. <i>Salvia melissaeflora</i> Benth	Cervi <i>et al.</i> (2007); Kozera (2008); Estevan (2006); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).  Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014). Dalazoana, Silva, Moro (2007); Kozera (2008). Dalazoana, Silva, Moro (2007); Estevan (2006); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).

continua...



conclusão

FAMÍLIA/ ESPÉCIE	CITAÇÕES/REFERÊNCIAS
<i>Panicum stoloniferum</i> Poir. <i>Paspalum didathum</i> Poir.  <i>Piptochaetium montevidense</i> (Spreng.) Parodi <i>Setaria gracilis</i> Kunth	Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014). Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana e Moro (2010); Estevan (2006); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014). Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014). Dalazoana e Moro (2010); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014). Cervi <i>et al.</i> (2007); Kozera (2008); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Polygalaceae</b> <i>Polygala cyparissias</i> St. Hill. e Moq. <i>Rumex obtusifolius</i> L.	Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014). Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Rubiaceae</b> <i>Galianthe chodatiana</i> (Standl.) E. L. Cabral <i>Spermacoce poaya</i> A. St.-Hil.  <i>Spermacoce paranaensis</i> (E .L. Cabral & Bacigalupo) Delprete	Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014). Cervi <i>et al.</i> (2007); Kozera (2008); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014). Cervi <i>et al.</i> (2007); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).
<b>Selaginellaceae</b> <i>Selaginella marginata</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Spring	Andrade (2010).
<b>Verbenaceae</b> <i>Verbena</i> sp.	Kozera (2008); Estevan (2006); Dalazoana; Barbosa e Moro (2014).

## APÊNDICE 2

Tabela 8 - Resultados das coletas realizadas na estação do outono

Coletas em maio/2012								
Amostragens	Mat. Vivo ≤ 0,7 cm		Mat. Morto ≤ 0,7 cm		Miscelânea ≤ 0,7 cm		Total de mat. ≤ 0,7 cm	
	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)
Ponto – 01	0,367	142,50	1,547	75,95	0,409	45,39	2,324	87,95
Ponto – 02	0,410	134,49	0,806	55,56	0,281	78,01	1,497	89,35
Ponto – 03	0,807	143,19	0,188	9,51	0,505	67,85	1,500	73,52
Ponto – 04	0,215	129,47	0,882	47,40	0,400	64,72	1,497	80,53
Ponto – 05	0,380	109,39	0,849	25,38	0,586	37,07	1,815	57,28
Ponto – 06	0,269	89,51	0,015	7,75	0,120	46,41	0,404	47,89
Ponto – 07	0,460	108,51	0,648	39,06	0,059	69,21	1,167	72,26
Ponto – 08	0,419	89,35	0,691	22,53	0,559	29,51	1,669	47,13
Ponto – 09	0,215	111,46	0,578	22,68	0,552	25,92	1,345	53,35
Ponto – 10	0,189	122,57	0,738	39,90	0,280	76,81	1,207	79,76
Ponto – 11	0,243	121,94	0,533	49,22	0,370	28,21	1,145	66,46
Ponto – 12	0,219	142,17	0,534	29,79	0,216	55,91	0,969	75,96
Ponto – 13	0,357	117,23	0,347	28,55	0,520	28,43	1,224	58,07
Ponto – 14	0,238	162,46	0,552	40,71	0,869	32,85	1,659	78,67
Ponto – 15	0,423	144,98	0,690	52,37	0,565	37,46	1,679	78,27
Ponto – 16	0,207	97,77	0,113	42,27	0,287	24,92	0,606	54,99
Ponto – 17	0,073	345,53	0,076	48,43	0,567	28,84	0,716	140,93
Ponto – 18	0,248	197,59	0,593	58,69	0,107	44,16	0,948	100,15
Ponto – 19	0,067	125,68	0,612	60,63	0,240	29,56	0,919	71,96
Ponto – 20	0,326	141,30	0,077	28,74	0,347	59,46	0,750	76,50
Ponto – 21	0,553	113,53	0,811	23,01	0,108	26,75	1,472	54,43
Ponto – 22	0,449	121,80	0,511	32,20	0,335	40,94	1,295	64,98
Ponto – 23	0,195	113,55	0,440	71,68	0,600	39,59	1,234	74,94
Ponto – 24	0,206	122,51	0,362	35,02	0,445	36,81	1,013	64,78
Ponto – 25	0,906	167,22	0,261	62,75	0,771	76,01	1,939	101,99
Ponto – 26	0,620	114,85	0,606	28,52	0,193	46,41	1,418	63,26
Ponto – 27	0,550	113,73	0,397	77,50	0,592	58,65	1,538	83,29
Ponto – 28	0,462	123,07	0,345	26,21	0,517	46,06	1,324	65,11
Ponto – 29	0,291	145,76	0,374	41,48	0,473	39,49	1,139	75,58
Ponto – 30	0,654	116,25	0,577	49,03	0,192	40,53	1,423	68,60
Ponto – 31	0,530	110,18	0,403	48,32	0,545	34,94	1,478	64,48
Ponto – 32	0,235	203,79	0,269	36,47	0,499	57,74	1,004	99,33
Ponto – 33	0,512	118,66	0,477	44,32	0,151	42,89	1,140	68,62
Ponto – 34	0,497	136,61	0,498	49,04	0,395	76,20	1,390	87,28
Ponto – 35	0,314	152,58	0,425	79,99	0,241	37,21	0,979	89,93
<b>MÉDIA</b>	<b>0,374</b>	<b>135,74</b>	<b>0,509</b>	<b>42,59</b>	<b>0,397</b>	<b>46,02</b>	<b>1,280</b>	<b>74,79</b>
<b>TOTAL</b>	<b>13,107</b>		<b>17,825</b>		<b>13,895</b>		<b>44,827</b>	

Tabela 9 - Resultados das coletas realizadas na estação do inverno

Coletas em agosto/2012								
Amostragens	Mat. Vivo $\leq 0,7$ cm		Mat. Morto $\leq 0,7$ cm		Miscelânea $\leq 0,7$ cm		Total de mat. $\leq 0,7$ cm	
	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)
Ponto – 01	0,066	133,19	0,473	44,01	0,481	49,48	1,020	75,56
Ponto – 02	0,237	124,25	0,576	34,34	0,410	47,17	1,223	68,59
Ponto – 03	0,320	170,36	0,434	45,90	0,549	53,95	1,304	90,07
Ponto – 04	0,202	92,04	0,526	36,22	0,388	41,75	1,116	56,67
Ponto – 05	0,173	109,23	0,351	36,15	0,397	52,79	0,921	66,06
Ponto – 06	0,076	79,40	0,159	47,45	0,085	47,24	0,320	58,03
Ponto – 07	0,189	91,49	0,273	51,28	0,180	42,50	0,642	61,76
Ponto – 08	0,134	140,65	0,080	21,64	0,443	54,60	0,656	72,30
Ponto – 09	0,052	149,80	0,693	82,88	0,569	97,44	1,314	110,04
Ponto – 10	0,107	101,18	0,191	27,26	0,171	46,05	0,468	58,16
Ponto – 11	0,138	123,38	0,499	81,17	0,246	95,09	0,883	99,88
Ponto – 12	0,178	95,09	0,521	35,92	0,345	47,94	1,044	59,65
Ponto – 13	0,177	100,04	0,481	68,46	0,426	69,56	1,084	79,35
Ponto – 14	0,204	109,86	0,536	84,59	0,669	84,34	1,409	92,93
Ponto – 15	0,148	95,48	0,422	49,45	0,452	63,58	1,022	69,50
Ponto – 16	0,066	358,47	0,491	50,22	0,089	91,86	0,646	166,85
Ponto – 17	0,186	119,08	0,313	44,61	0,245	38,79	0,744	67,49
Ponto – 18	0,099	134,00	0,143	37,71	0,235	38,94	0,478	70,22
Ponto – 19	0,109	82,04	0,148	36,75	0,285	24,29	0,542	47,69
Ponto – 20	0,104	120,07	0,172	49,35	0,346	37,19	0,622	68,87
Ponto – 21	0,120	124,48	0,359	56,65	0,316	29,35	0,795	70,16
Ponto – 22	0,086	108,03	0,397	19,53	0,360	19,45	0,842	49,00
Ponto – 23	0,058	118,11	0,698	40,96	0,468	44,27	1,225	67,78
Ponto – 24	0,115	101,49	0,935	30,04	0,578	57,53	1,628	63,02
Ponto – 25	0,426	99,05	0,495	64,26	0,579	66,98	1,501	76,76
Ponto – 26	0,210	98,98	0,296	66,76	0,407	85,10	0,913	83,61
Ponto – 27	0,105	174,42	0,492	28,63	0,369	33,02	0,966	78,69
Ponto – 28	0,136	105,34	0,109	50,90	0,526	58,62	0,771	71,62
Ponto – 29	0,068	84,35	0,360	25,02	0,327	39,26	0,756	49,54
Ponto – 30	0,064	197,72	0,630	92,77	0,627	81,83	1,320	124,11
Ponto – 31	0,132	100,45	0,422	91,88	0,554	87,50	1,108	93,28
Ponto – 32	0,158	226,38	0,304	40,97	0,418	65,36	0,880	110,90
Ponto – 33	0,157	130,46	0,698	36,80	0,432	45,64	1,287	70,97
Ponto – 34	0,151	113,96	0,443	67,20	0,384	65,41	0,978	82,19
Ponto – 35	0,104	160,68	0,494	47,92	0,630	67,39	1,227	92,00
<b>MÉDIA</b>	<b>0,144</b>	<b>127,80</b>	<b>0,458</b>	<b>49,30</b>	<b>0,359</b>	<b>56,32</b>	<b>0,962</b>	<b>77,81</b>
<b>TOTAL</b>	<b>5,053</b>		<b>14,615</b>		<b>13,984</b>		<b>33,652</b>	

Tabela 10 - Resultados das coletas realizadas na estação da primavera

Coletas em novembro/2012								
Amostragens	Mat. Vivo $\leq 0,7$ cm		Mat. Morto $\leq 0,7$ cm		Miscelânea $\leq 0,7$ cm		Total de mat. $\leq 0,7$ cm	
	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)
Ponto – 01	0,229	157,75	0,539	80,45	0,422	88,81	1,189	109,00
Ponto – 02	0,278	144,60	0,465	82,12	0,218	71,20	0,960	99,31
Ponto – 03	0,521	164,99	0,288	68,75	0,410	91,32	1,219	108,35
Ponto – 04	0,380	121,34	0,391	47,41	0,232	44,93	1,002	71,23
Ponto – 05	0,310	122,79	0,498	48,34	0,312	51,68	1,120	74,27
Ponto – 06	0,202	127,75	0,224	56,42	0,117	46,81	0,543	76,99
Ponto – 07	0,112	114,41	0,498	59,03	0,249	68,37	0,859	80,60
Ponto – 08	0,259	147,39	0,417	59,61	0,291	58,29	0,967	88,43
Ponto – 09	0,232	180,13	0,550	78,34	0,186	65,53	0,968	108,00
Ponto – 10	0,545	105,41	0,388	52,99	0,301	47,23	1,234	68,54
Ponto – 11	0,415	102,49	0,307	64,10	0,163	55,04	0,885	73,88
Ponto – 12	0,221	108,32	0,446	69,41	0,147	61,60	0,814	79,78
Ponto – 13	0,325	133,58	0,533	85,65	0,204	74,12	1,062	97,78
Ponto – 14	0,317	158,49	0,431	71,43	0,268	88,21	1,016	106,04
Ponto – 15	0,596	148,39	0,145	76,46	0,279	60,31	1,020	95,05
Ponto – 16	0,400	139,75	0,711	46,74	0,270	65,15	1,382	83,88
Ponto – 17	0,333	98,13	0,498	73,32	0,264	37,65	1,096	69,70
Ponto – 18	0,464	94,02	0,375	34,58	0,338	65,74	1,176	64,78
Ponto – 19	0,117	106,93	0,367	66,67	0,384	35,86	0,868	69,82
Ponto – 20	0,433	105,46	0,282	46,68	0,233	54,18	0,948	68,77
Ponto – 21	0,532	127,34	0,496	66,95	0,409	74,98	1,437	89,76
Ponto – 22	0,298	141,60	0,810	58,97	0,318	59,43	1,425	86,67
Ponto – 23	0,302	111,82	0,445	49,60	0,238	21,65	0,985	61,02
Ponto – 24	0,323	116,80	0,671	19,42	0,278	29,07	1,271	55,10
Ponto – 25	0,398	91,06	0,658	23,06	0,323	49,02	1,379	54,38
Ponto – 26	0,575	82,64	0,249	30,30	0,311	42,61	1,134	51,85
Ponto – 27	0,472	152,26	0,464	51,43	0,449	56,62	1,384	86,77
Ponto – 28	0,346	107,99	0,703	53,56	0,267	66,63	1,316	76,06
Ponto – 29	0,125	118,47	0,564	24,54	0,296	22,06	0,984	55,02
Ponto – 30	0,372	109,74	0,378	47,70	0,370	41,67	1,120	66,37
Ponto – 31	0,352	121,54	0,451	25,71	0,240	26,06	1,043	57,77
Ponto – 32	0,076	343,82	0,594	33,29	0,357	40,96	1,027	139,36
Ponto – 33	0,413	104,09	0,379	36,52	0,230	29,38	1,022	56,66
Ponto – 34	0,279	117,74	0,343	23,49	0,287	32,69	0,909	57,97
Ponto – 35	0,452	121,31	0,619	29,31	0,227	24,58	1,298	58,40
<b>MÉDIA</b>	<b>0,343</b>	<b>130,01</b>	<b>0,462</b>	<b>52,63</b>	<b>0,282</b>	<b>52,84</b>	<b>1,088</b>	<b>78,50</b>
<b>TOTAL</b>	<b>12,003</b>		<b>16,177</b>		<b>9,887</b>		<b>30,066</b>	



Tabela 11 - Resultados das coletas realizadas na estação do verão

Coletas em fevereiro/2013								
Amostragens	Mat. Vivo ≤ 0,7 cm		Mat. Morto ≤ 0,7 cm		Miscelânea ≤ 0,7 cm		Total de mat. ≤ 0,7 cm	
	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (kg.m <sup>-2</sup> )	Teor de umidade (%)
Ponto – 01	0,305	129,40	0,976	92,67	0,202	126,09	1,483	116,05
Ponto – 02	0,468	113,19	0,295	62,85	0,166	127,62	0,928	101,22
Ponto – 03	0,443	181,97	0,479	87,74	0,199	114,86	1,122	128,19
Ponto – 04	0,342	81,27	0,664	49,17	0,154	123,77	1,160	84,74
Ponto – 05	0,602	112,52	0,412	64,95	0,277	109,64	1,292	95,70
Ponto – 06	0,340	93,98	0,130	61,41	0,064	96,95	0,534	84,11
Ponto – 07	0,425	83,40	0,447	60,20	0,176	75,39	1,048	73,00
Ponto – 08	0,470	121,08	0,796	50,42	0,258	114,56	1,524	95,35
Ponto – 09	0,061	98,69	0,389	79,88	0,221	82,46	0,672	87,01
Ponto – 10	0,397	81,36	0,334	61,58	0,262	102,00	0,993	81,65
Ponto – 11	0,599	96,25	0,445	79,75	0,274	71,39	1,318	82,46
Ponto – 12	0,303	96,24	0,446	65,63	0,193	71,13	0,942	77,67
Ponto – 13	0,198	152,43	0,932	58,22	0,193	63,72	1,324	91,46
Ponto – 14	0,270	94,30	0,350	66,93	0,178	67,02	0,798	76,08
Ponto – 15	0,498	134,08	0,221	65,14	0,195	64,16	0,914	87,79
Ponto – 16	0,358	113,44	0,333	99,81	0,163	83,00	0,854	98,75
Ponto – 17	0,455	120,81	0,322	81,78	0,165	34,67	0,942	79,09
Ponto – 18	0,423	95,26	0,309	56,97	0,224	78,75	0,955	76,99
Ponto – 19	0,191	81,97	0,400	46,39	0,126	27,83	0,716	52,06
Ponto – 20	0,471	160,25	0,244	99,09	0,185	21,69	0,900	93,68
Ponto – 21	0,585	107,53	0,266	82,02	0,157	44,41	1,009	77,99
Ponto – 22	0,478	160,37	0,419	59,67	0,187	68,18	1,084	96,07
Ponto – 23	0,291	128,82	0,289	68,10	0,152	40,34	0,731	79,09
Ponto – 24	0,256	124,62	0,194	65,25	0,155	48,40	0,604	79,42
Ponto – 25	0,629	178,86	1,033	81,17	0,368	67,74	2,030	109,26
Ponto – 26	0,380	198,72	0,491	86,50	0,235	76,35	1,107	120,52
Ponto – 27	0,618	138,76	0,612	76,26	0,309	52,15	1,538	89,06
Ponto – 28	0,430	155,91	0,174	82,57	0,253	83,46	0,857	107,31
Ponto – 29	0,395	222,98	0,416	144,42	0,219	83,43	1,030	150,28
Ponto – 30	0,425	205,93	1,148	89,32	0,283	51,72	1,856	115,66
Ponto – 31	0,449	193,68	0,047	85,14	0,199	86,91	0,696	121,91
Ponto – 32	0,385	242,49	0,623	140,19	0,216	156,25	1,224	179,64
Ponto – 33	0,293	170,07	0,508	120,75	0,284	95,61	1,085	128,81
Ponto – 34	0,303	206,99	0,254	136,11	0,259	84,89	0,816	142,66
Ponto – 35	0,420	159,97	0,425	113,67	0,326	77,54	1,171	117,06
<b>MÉDIA</b>	<b>0,399</b>	<b>138,21</b>	<b>0,452</b>	<b>80,62</b>	<b>0,214</b>	<b>79,26</b>	<b>1,064</b>	<b>99,27</b>
<b>TOTAL</b>	<b>13,957</b>		<b>15,822</b>		<b>0,202</b>		<b>37,255</b>	

### **CAPÍTULO 3**

## **CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DO ESTRATO ARBUSTIVO**

## 1 INTRODUÇÃO

A região dos Campos Gerais no estado do Paraná, recoberta pela Estepe Gramíneo-Lenhosa apresenta solos derivados principalmente do Arenito Furnas e unidades arenosas do Subgrupo Itararé (MAACK, 2012). Os solos são pouco profundos e relativamente secos e pobres em nutrientes, condicionantes pedológicas que fazem com que a vegetação de campo seja composta basicamente de espécies rasteiras (herbáceas) e de pequeno porte (arbustivas), com ilhas de florestas (floresta com araucária) ocupando espaços de solos mais férteis (DALAZOANA; SILVA; MORO, 2007), compondo um enclave de vegetação de campos e de florestas (MORO, 2001).

Em relação aos incêndios florestais, a vegetação das estepes é uma das que apresenta perigo de ignição. Em face dessa característica é importante a realização de estudos voltados à caracterização do material combustível para embasar sistemas efetivos de manejo e de combate aos incêndios nessa tipologia vegetal.

Por ser um dos componentes do triângulo do fogo, o material combustível tem influência para a ocorrência e a propagação dos incêndios florestais (SOARES; BATISTA, 2007). A estimativa da quantidade de combustível existente (massa de matéria seca por unidade de área) contribui decisivamente para o planejamento, prevenção e combate aos incêndios. De acordo com Souza, Soares e Batista (2003), os conhecimentos sobre a carga (quantidade de material combustível por unidade de área) consiste numa das informações mais importantes relacionadas ao comportamento do fogo. Através do conhecimento dessa variável, podem ser planejadas ações que determinem uma maior eficiência nas técnicas de prevenção e combate a incêndios florestais.

Muito embora variáveis climáticas influenciem diretamente na ocorrência de incêndios, o material combustível certamente constitui um dos fatores mais importantes na propagação do fogo. Descrever os combustíveis e quantificá-los é importante para o entendimento do comportamento do fogo, pois fornece informações para as atividades de gestão de incêndios, incluindo queima prescrita, dificuldade de supressão, avaliação do perigo e tratamento de combustível (BEUTLING *et al.*, 2005).

As características dos combustíveis florestais e sua importância na ignição e propagação dos incêndios foram objeto de estudo de diversos autores (BEUTLING *et al.*, 2005; SAGLAM *et al.*, 2008; REINER; TAUSCH; WALKER, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2011; CASTEDO-DOURADO *et al.*, 2012; FERNÁNDEZ; VEGA; FONTURBEL, 2013, WHITE; RIBEIRO; SOUZA, 2014).

O estrato arbustivo consiste de vegetação composta predominantemente por plantas lenhosas de pequeno porte (BROWN; OBERHEU; JOHNSTON, 1982) e com possibilidade de ocorrência de estratificação, epífitas, trepadeiras e acúmulo de serapilheira (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, 2009). Geralmente abrange todas as espécies com Diâmetro à Altura do Peito (DAP) menor que 5 cm e altura entre 0,5 e 3,0 metros (RIBEIRO *et al.*, 2011; KEANE *et al.*, 2012). Pelo fato da altura média ficar na maioria das vezes abaixo de 1,8 m, geralmente faz parte do material combustível classificado como superficial.

Pela importância que representa o conhecimento das características dos combustíveis para o manejo do fogo em vegetação de campos, este trabalho teve por objetivo caracterizar o material combustível do estrato arbustivo presente na Estepe Gramíneo-Lenhosa da RPPN Caminho das Tropas, no estado do Paraná.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Caminho das Tropas (ver capítulo 1), localizada no município de Palmeira - PR, com coordenadas centrais: 25°20'53" S e 49°47'39" O.

### 2.2 AMOSTRAGEM

As coletas de material combustível arbustivo foram realizadas entre os meses de maio e outubro de 2012, na área de amostragens de 25 hectares demarcada no interior da RPPN Caminho das Tropas, conforme descrição apresentada no capítulo 1, páginas 39 e 40. Para a realização das amostragens, a área foi demarcada em 100 parcelas de 2.500 m<sup>2</sup> (50 m X 50 m).

Através do método de estratificação da vegetação, as parcelas foram separadas em duas categorias para tratamento de dados: a primeira, abrangendo aquelas com densidade da vegetação arbustiva em mais de 50% da área da parcela, e a segunda, com densidade da vegetação em menos de 50% da parcela. Das 100 parcelas delimitadas na área de estudo, 40 foram incluídas na primeira categoria e 60 na segunda categoria, conforme mostrado na Figura 1.

A estratificação da vegetação foi realizada de forma visual direta enquanto se percorria os transectos demarcados sobre as linhas que dividiam as parcelas. Tanto a estratificação da vegetação como as técnicas de amostragem (coleta e classificação) do material adotadas foram respaldadas em pesquisas realizadas por diferentes autores (BROWN; OBERHEU; JOHNSTON, 1982; OTTMAR *et al.*, 2001; SAH *et al.*, 2004; SAGLAN *et al.*, 2008; ANNE, *et al.*, 2009; BILGILI; KUÇUK, 2009; REINER; TAUSCH; WALKER, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2011; CASTEDO-DOURADO *et al.*, 2012; CHIONO *et al.*, 2012; FERNÁNDEZ; VEGA; FONTURBEL, 2013).

Após a estratificação foram escolhidas para ambas as categorias (tratamentos) quatro parcelas para as amostragens. A escolha dessas parcelas foi realizada de forma sistemática, sendo para isso, demarcadas duas linhas transversais (formando a figura de uma cruz) a partir do ponto central da área de

amostragens. As parcelas escolhidas foram aquelas que estavam localizadas nas extremidades das linhas que formaram a cruz conforme representado na Figura 2.

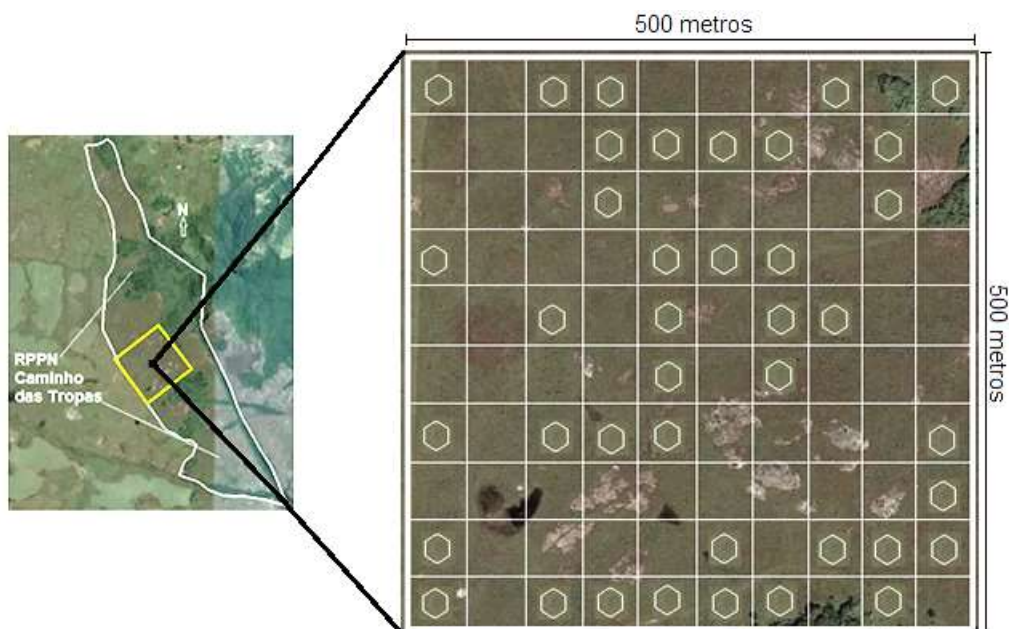


FIGURA 1 - Área de amostragem com indicação de parcelas com mais de 50% (com indicadores) e menos de 50% (sem indicadores) de densidade arbustiva  
Fonte: Google Earth (2014), elaborada pelo autor

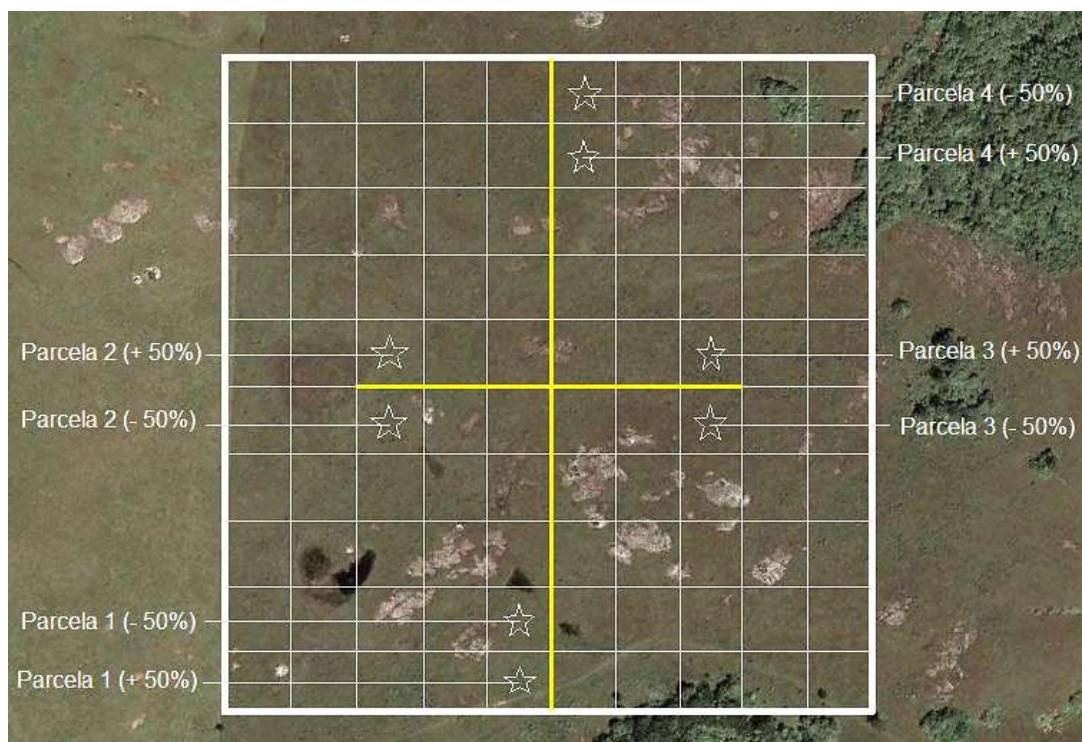


FIGURA 2 - Localização das parcelas escolhidas para as amostragens  
Fonte: GoogleEarth (2014), elaborada pelo autor

Em todas as parcelas escolhidas foram demarcadas subparcelas com dimensão de 5 x 5 m (25 m<sup>2</sup>) (FIGURA 3) . A demarcação das subparcelas foi realizada de forma sistemática nas quatro parcelas (de ambos os tratamentos), de acordo com o número necessário para se atingir a suficiência de amostragem (N) para as diferentes classes de material analisadas, com base nos resultados da análise de variância.

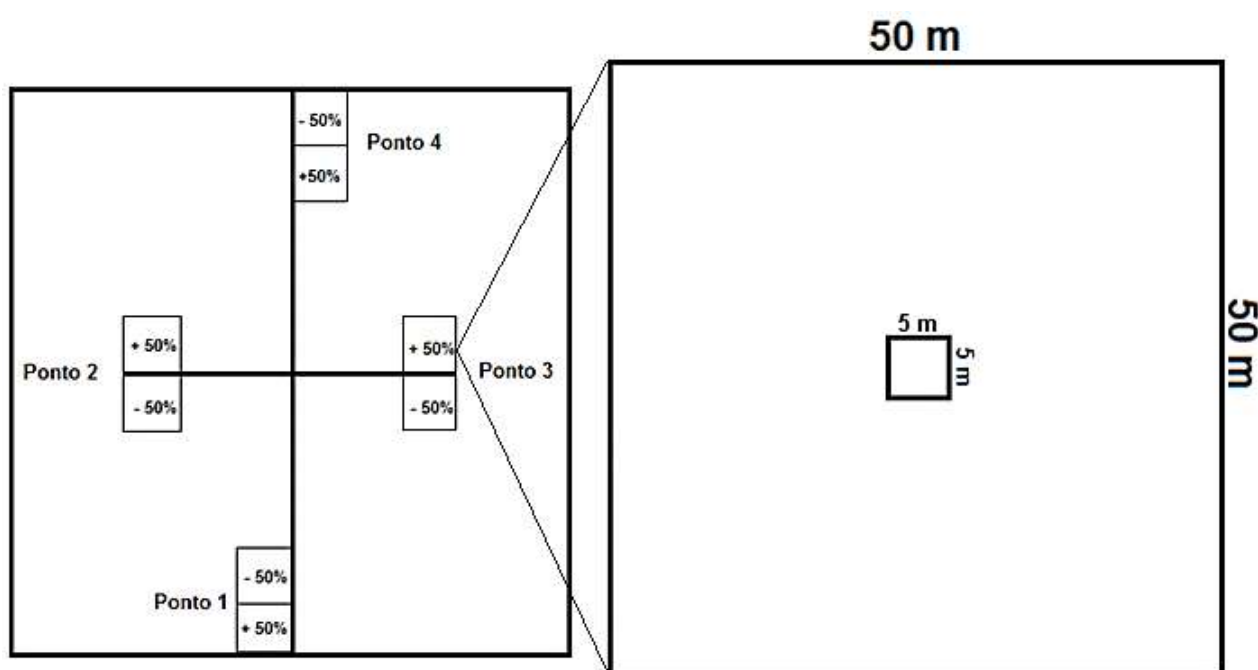


Figura 3. Croqui de representação de distribuição das parcelas e tamanho de subparcelas de amostragem  
Fonte: o autor (2014).

Para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva foram demarcadas 60 subparcelas, sendo 15 em cada parcela conforme mostrado na Figura 4.

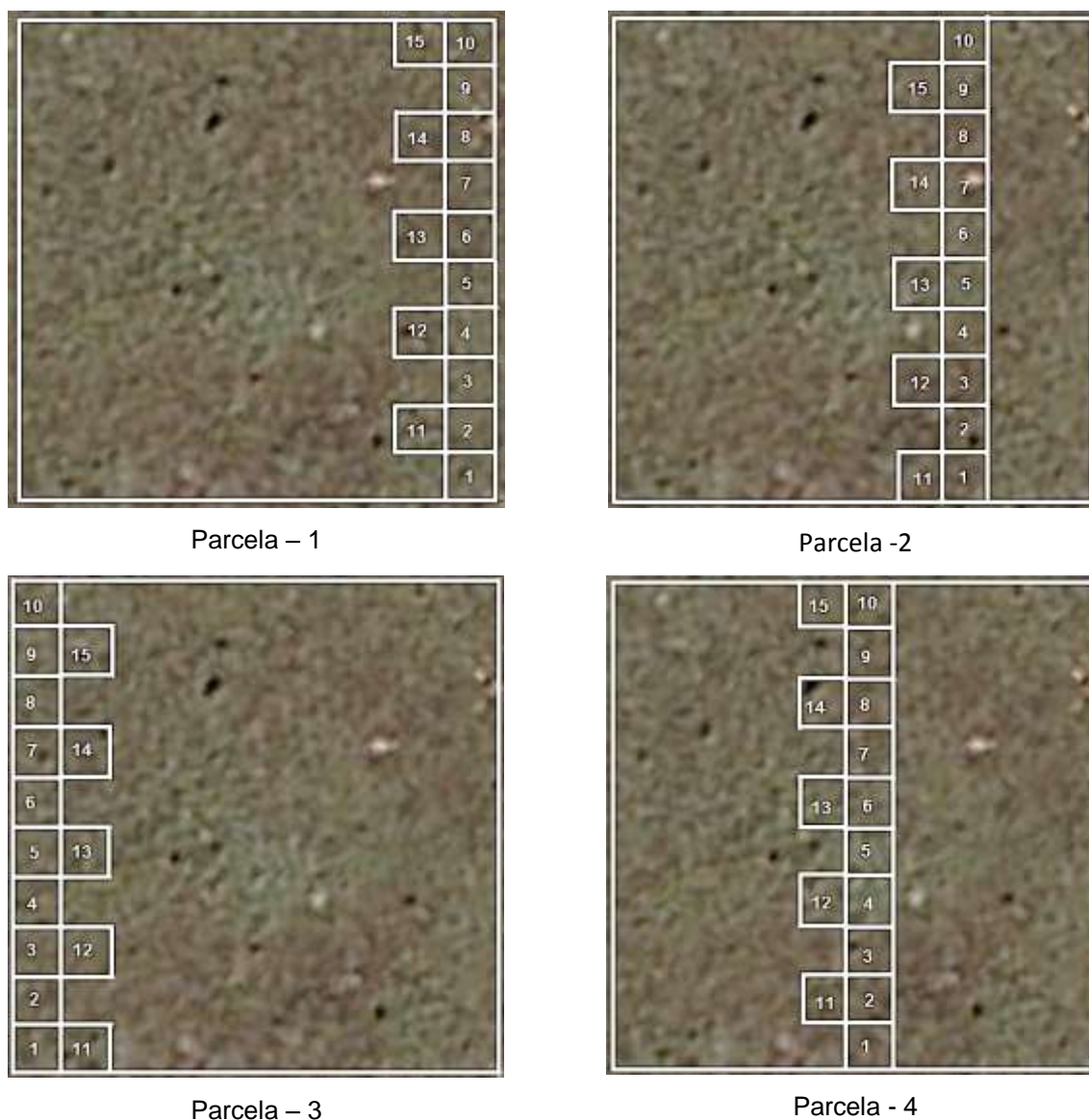


FIGURA 4 - Croqui de distribuição das subparcelas nas 4 parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva

Fonte: Google Earth (2014), elaborada pelo autor

Para as parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva um total de 25 subparcelas foram demarcadas. Na parcela 1, sete subparcelas foram implantadas, enquanto que nas parcelas 2, 3 e 4, seis subparcelas foram implantadas conforme mostrado na Figura 5. Com a quantidade de subparcelas amostradas atingiu-se a suficiência de amostragem para os dois tratamentos empregados.



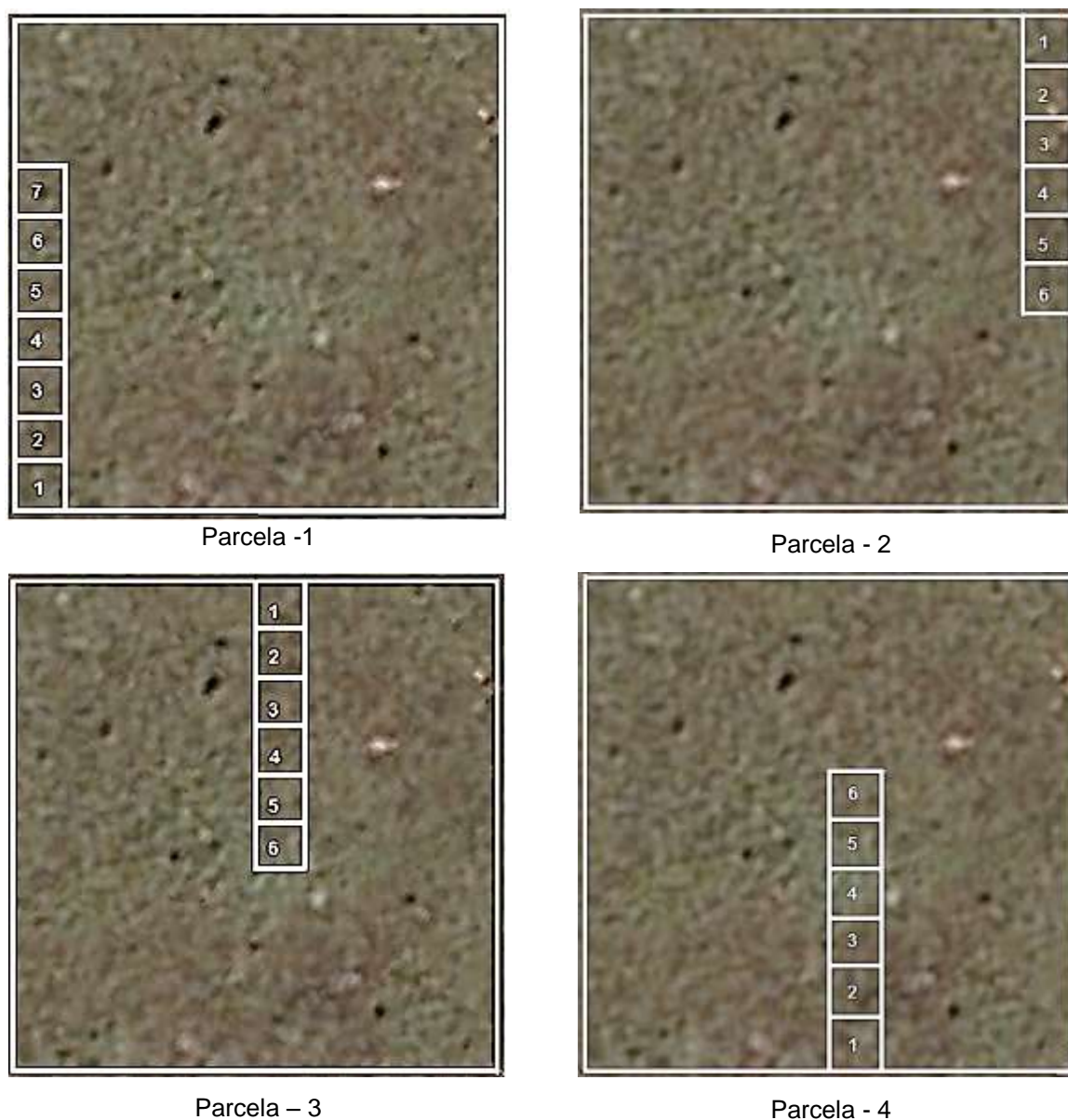


FIGURA 5 - Croqui de distribuição das subparcelas nas 4 parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva

Fonte: GoogleEarth (2014), elaborada pelo autor

O cálculo da suficiência de amostragem foi feito através do método sequencial de Stein, utilizando-se a seguinte fórmula (BATISTA, 1990):

$$N = \left( \frac{t^2 \cdot s^2}{E^2} \right)$$

Onde:

N = número de amostras (subparcelas)

$t^2$  = valor de t da tabela de Student

$s^2$  = variância

$E^2$  = erro amostral

Obs. Para determinação de  $E^2$  utilizou-se o valor de 15% como limite de erro amostral, sendo, portanto,  $E^2 = (0,15 * Média)^2$ .

### 2.3 DETERMINAÇÃO DA CARGA DE MATERIAL ARBUSTIVO

Para a determinação da carga (massa) do material arbustivo, inicialmente foi feita a identificação das diferentes espécies vegetais lenhosas do estrato arbustivo presentes nas subparcelas. Para cada espécie fez-se a coleta de material botânico que em seguida foi herborizado (seco e guardado em forma de exsicatas). A identificação das espécies foi feita através da consulta a especialista (botânico) de vegetação de campos e por meio de comparação em literatura taxonômica especializada de vegetação dos campos sulinos.

Em seguida foi feita a classificação de todos os indivíduos das espécies presentes nas subparcelas, de acordo com a altura e o diâmetro basal que apresentavam. Todos os indivíduos encontrados foram classificados nas seguintes classes de altura: 0,00 a 0,50 m; 0,51 a 1,00 m; 1,01 a 1,50 m; 1,51 a 2,00 m e 2,01 a 2,50 m. Não foram encontrados nas amostragens indivíduos arbustivos com altura acima de 2,50 m. Quanto ao diâmetro basal, o material foi classificado em  $\leq 0,7$  cm; 0,71 cm a 2,5 cm e  $> 2,5$  cm. Feita a classificação, fez-se então a contagem do número de indivíduos de acordo com a altura e o diâmetro basal que apresentavam.

A determinação da altura foi feita com uso de régua metálica com escala de 5 cm (FIGURA 6A), enquanto que para a medição do diâmetro basal, utilizou-se gabarito de madeira (FIGURA 6B).

A próxima etapa foi a coleta do material, sendo o corte dos arbustos realizado na base das plantas rente ao solo. Após este procedimento, todos os indivíduos (vivos e mortos) coletados foram cortados em partes, separando-se as classes de material combustível de acordo com a espessura diamétrica do material (FIGURAS 7A e 7B) nas seguintes classes: material fino (com diâmetro  $< 0,7$ cm), material mediano (com diâmetro de 0,71 a 2,5 cm) e material grosso (com diâmetro  $> 2,5$  cm), conforme apresentadas na Tabela 1.

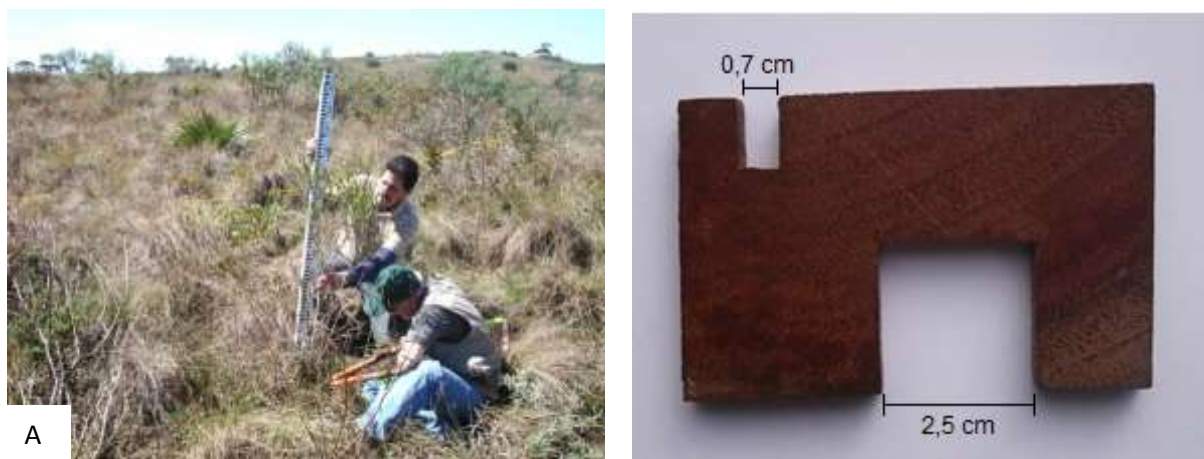


FIGURA 6 - Uso de régua metálica para medição da altura (A) e de gabarito de madeira (B) para medição do diâmetro basal dos indivíduos arbustivos  
Fonte: o autor (2014)



FIGURA 7 - Separação do material combustível em classes diamétricas. Verificação do diâmetro (A) e corte e separação do material (B)  
Fonte: o autor (2014)

Tabela 1 - Classes de material combustível arbustivo analisadas.

Sigla	Classe	Espessura (cm)
MLFV	Material lenhoso-foliar vivo	$\leq 0,7$
MLV <sub>1</sub>	Material lenhoso vivo	$> 0,7 \leq 2,5$
MLV <sub>2</sub>	Material lenhoso vivo	$> 2,5$
MLM <sub>1</sub>	Material lenhoso morto	$\leq 0,7$
MLM <sub>2</sub>	Material lenhoso morto	$> 0,7 \leq 2,5$
MLM <sub>3</sub>	Material lenhoso morto	$> 2,5$

Após a separação em classes diamétricas (FIGURA 8A), subamostras foram retiradas e acondicionadas em sacos plásticos bem vedados para evitar a perda de umidade (FIGURA 8B), que em seguida foram levadas para secagem no Laboratório



de Incêndios Florestais da UFPR, onde foi determinada a massa seca e o teor de umidade do material.

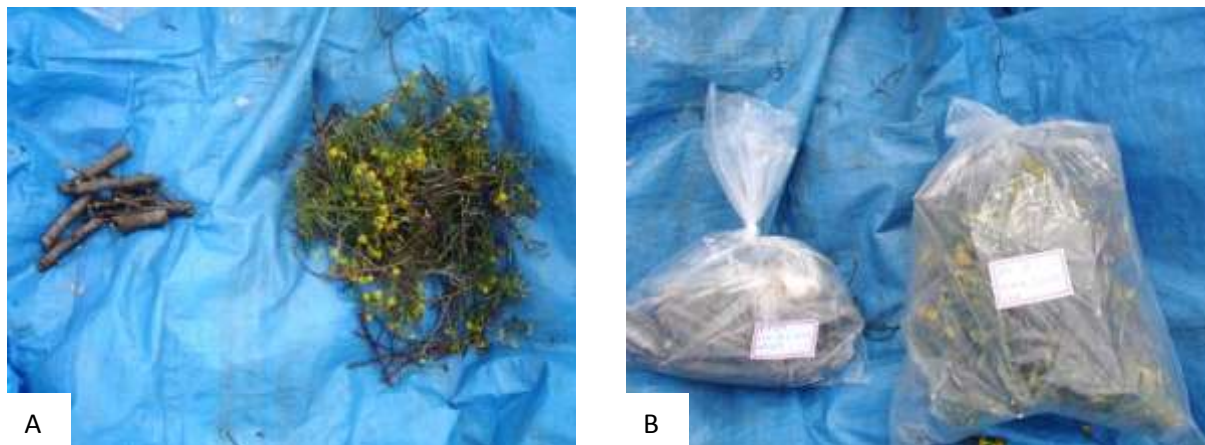


FIGURA 8 - Separação de subamostra (A) e acondicionamento do material fresco arbustivo em campo para transporte ao Laboratório (B)  
Fonte: o autor (2014)

No processo de secagem o material das subamostras foi embalado em cartuchos de papel e depositado em estufas elétricas com temperatura constante de 75 °C. O material fino com diâmetro menor do que 0,7 cm (FIGURA 9A) permaneceu nas estufas por um período de 48 horas, enquanto o material mais grosso (FIGURA 9B) permaneceu durante um período de 72 horas. Para ambas as classes, os referidos tempos foram suficientes para eliminar toda a umidade contida no material.



FIGURA 9 - Material combustível arbustivo seco em laboratório. Material fino  $\leq 0,7$  cm (A) e material grosso  $> 0,7$  cm (B)  
Fonte: o autor (2014)

Após a secagem fez-se a determinação da massa do material seco das subamostras, utilizando-se balanças com capacidade de 2600 gramas e escala de precisão (graduação) de 1 grama. Através dos valores obtidos da massa inicial (material fresco) e da massa do material seco fez-se a determinação do teor de umidade presente no material, empregando-se a fórmula apresentada a seguir (BATISTA, 1990).

$$U\% = \left( \frac{M_f - M_s}{M_s} \right) * 100$$

Sendo:

U% = teor de umidade do material combustível em %;

M<sub>f</sub> = massa do material fresco no momento da coleta em grama;

M<sub>s</sub> = massa do material combustível seco em estufa em grama.

Com a determinação do teor de umidade do material das subamostras, fez-se então o cálculo da massa total (em estado seco) para todas as espécies e classes de material em cada subparcela de amostragem. A determinação da carga de material de cada espécie foi realizada por meio da multiplicação do número de indivíduos presente numa subparcela pela massa de material seco obtida do indivíduo coletado (mediano). Com a somatória da carga de todas as subparcelas, fez-se então a determinação da quantidade de material combustível para as áreas coletadas (com mais e com menos de 50% de densidade arbustiva) em gramas por metro quadrado (g.m<sup>-2</sup>). Com esses valores calculou-se a quantidade de material em gramas por hectare (g.ha<sup>-1</sup>), que foram convertidos em toneladas por hectare (ton.ha<sup>-1</sup>).

## 2.4 PROCESSAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados obtidos foram compilados em planilhas Microsoft Office Excel 2007 e processados e analisados com o sistema computacional Statgraphics Centurion XV. Os testes estatísticos utilizados para análise e comparação dos dados foram: análise de variância, teste de comparação de médias Student-Newman-Keuls e o teste de comparação de diferenças de média de Student (teste “t”).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ESPÉCIES VEGETAIS ARBUSTIVAS COLETADAS

Na Tabela 2 são apresentadas as espécies vegetais coletadas e a contribuição para com a carga de material vivo, morto e total para os dois tratamentos.

Tabela 2 - Espécies vegetais arbustivas coletadas nas amostragens.

Família	Nome científico	Nome vernáculo	Carga de material (ton.ha <sup>-1</sup> )		
			Material vivo	Material morto	Carga total
Parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva					
Asteraceae	<i>Graziella</i> sp.	vassoura	0,3151	0,2194	0,5345
Asteraceae	<i>Solydagum chilensis</i>	erva-lanceta	0,0005	0,0177	0,0182
Asteraceae	<i>Achyrocline satureoides</i>	macela	0,0013	0,0002	0,0015
Asteraceae	<i>Senecio oleosus</i>	margarida-melada	0,0144	0,0160	0,0304
Asteraceae	<i>Senecio brasiliensis</i>	maria-mole	0,2835	0,0214	0,3050
Asteraceae	<i>Baccharis uncinella</i>	vassourinha	0,0096	0,0108	0,0205
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i>	alecrim-do-campo	0,0171	0,0079	0,0251
Asteraceae	<i>Baccharis semiserrata</i>	vassoura-do-campo	0,0009	0,0005	0,0014
Asteraceae	<i>Baccharis</i> sp.	vassoura	0,0018	0,0000	0,0018
Asteraceae	<i>Vernonanthura glabrata</i>	cambarazinho	0,0583	0,0224	0,0807
Asteraceae	<i>Vernonanthura polyanthus</i>	assa-peixe	0,0006	0,0000	0,0006
Asteraceae	<i>Eupatorium odoratum</i>	couvinha	0,0025	0,0000	0,0025
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i>	leiteiro	0,0016	0,0000	0,0016
Melastomataceae	<i>Myconia hiemalis</i>	pixirica	0,0004	0,0000	0,0004
Myrsinaceae	<i>Myrsine umbellata</i>	capororoca	0,0026	0,0000	0,0026
Myrsinaceae	<i>Myrcine ferrugínea</i>	caporoquinha	0,0005	0,0000	0,0005
Myrtaceae	<i>Campomanesia cambessedeana</i>	gabioba-do-campo	0,1676	0,0035	0,1711
Myrtaceae	<i>Psidium australe</i>	araçá	0,0035	0,0000	0,0035
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	pitanga	0,0749	0,0000	0,0749
Rhamnaceae	<i>Rhamnus sphaerospherna</i>	fruta-de-pombo	0,0047	0,0000	0,0047
Rutaceae	<i>Zanthoxylum hoifolium</i>	mamica-de-cadela	0,0002	0,0000	0,0002
Solanaceae	<i>Solanum eryanthum</i>	fumo-bravo	0,0001	0,0000	0,0001
Total			0,9617	0,3198	1,2815
Parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva					
Asteraceae	<i>Graziella</i> sp.	vassoura	0,1334	0,1261	0,2595
Asteraceae	<i>Solydagum chilensis</i>	erva-lanceta	0,0005	0,0010	0,0015
Asteraceae	<i>Achyroclines atureoides</i>	macela	0,0024	0,0000	0,0024
Asteraceae	<i>Senecio oleosus</i>	margarida-melada	0,0049	0,0193	0,0242
Asteraceae	<i>Senecio brasiliensis</i>	maria-mole	0,1250	0,0878	0,2128
Asteraceae	<i>Baccharis uncinella</i>	vassourinha	0,0054	0,0000	0,0054
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i>	alecrim-do-campo	0,0224	0,0000	0,0224
Asteraceae	<i>Baccharis semiserrata</i>	vassoura-do-campo	0,0219	0,0000	0,0219
Asteraceae	<i>Vernonanthura glabrata</i>	cambarazinho	0,0458	0,0470	0,0928
Asteraceae	<i>Eupatorium odoratum</i>	couvinha	0,0013	0,0000	0,0013
Fabaceae/Mimosoideae	<i>Mimosa</i> sp.	mimosa	0,0206	0,0000	0,0206
Melastomataceae	<i>Myconia hiemalis</i>	pixirica	0,0014	0,0000	0,0014
Myrsinaceae	<i>Myrsine umbellata</i>	capororoca	0,0030	0,0000	0,0030
Myrtaceae	<i>Campomanesia cambessedeana</i>	gabioba-do-campo	0,1401	0,0000	0,1401
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	pitanga	0,1020	0,0000	0,1020
Rhamnaceae	<i>Rhamnus sphaerospherna</i>	fruta-de-pombo	0,0196	0,0000	0,0196
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	mamica-de-cadela	0,0019	0,0000	0,0019
Total			0,6516	0,2812	0,9328

Os indivíduos amostrados estavam distribuídos em 23 espécies e 9 famílias. A família botânica mais representativa foi Asteraceae com 12 espécies, contribuindo com quase 55% das espécies coletadas. Por ser uma família que apresenta muitas espécies pioneiras de colonização de áreas abertas, é bastante representativa em regiões de campos naturais, incluindo a da Estepe Gramíneo-Lenhosa no Paraná. As demais famílias que contribuíram com espécies foram Myrtaceae com 3 espécies e Myrsinaceae com 2 espécies, além de Euphorbiaceae, Melastomataceae, Rhamnaceae, Rutaceae e Solanaceae com 1 espécie. Todas as espécies coletadas são comuns do ecossistema dos Campos Gerais no estado do Paraná, sendo citadas em diferentes levantamentos como os realizados por Moro (2001), Carmo (2006), Estevan (2006), Dalazoana, Silva, Moro (2007), Cervi *et al.*, (2007), Kozera (2008), Dalazoana (2010), Dalazoana e Moro (2011) e Dalazoana, Barbosa e Moro (2014).

Quatro espécies se destacaram pela contribuição na carga total de material combustível em ambos os tratamentos. Da família Asteraceae, *Grazielia* sp. (vassoura) (FIGURA 10A), contribuiu com 0,5343 ton.ha<sup>-1</sup> para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva e com 0,2595 ton.ha<sup>-1</sup> para as parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva. *Senecio brasiliensis* (maria-mole) (FIGURA 10B) contribuiu com uma carga de 0,3050 ton.ha<sup>-1</sup> e 0,2128 ton.ha<sup>-1</sup> para as parcelas com mais e com menos de 50% de densidade arbustiva respectivamente.

Da família Myrtaceae, *Campomanesia cambessedeani* (gabioba-do-campo) (FIGURA 10C) contribuiu com 0,1711 ton.ha<sup>-1</sup> para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva e com 0,1401 para as parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva. *Eugenia* sp. (pitanga) (FIGURA 10D) contribuiu com 0,0749 ton.ha<sup>-1</sup> e com 0,1020 ton.ha<sup>-1</sup> para as parcelas com mais e com de 50% de densidade arbustiva na sequência.

A contribuição de carga (ton.ha<sup>-1</sup>) e a representatividade (%) verificada para cada família botânica em relação à carga total de material combustível arbustivo nos dois tratamentos é apresentada na Tabela 3.



FIGURA 10 - Espécies mais representativas em termos de carga de material combustível do estrato arbustivo  
Fonte: o autor (2014)

Tabela 3 - Carga e representatividade das famílias botânicas em relação à carga total de material combustível arbustivo.

Parcelas								
Família	Mais de 50% de densidade arbustiva				Menos de 50% de densidade arbustiva			
	Mat. Vivo (ton.ha <sup>-1</sup> )	Representatividade (%)	Mat. morto (ton.ha <sup>-1</sup> )	Representatividade (%)	Mat. Vivo (ton.ha <sup>-1</sup> )	Representatividade (%)	Mat. morto (ton.ha <sup>-1</sup> )	Representatividade (%)
Asteraceae	0,7086	54,96	0,317	24,87	0,3630	38,72	0,2812	30,98
Euphorbiaceae	0,0016	0,17	0	0	0	0	0	0
Fabaceae/Mimosoideae	0	0	0	0	0,0206	2,01	0	0
Melastomataceae	0,0004	0,04	0	0	0,0014	0,15	0	0
Myrsinaceae	0,0031	0,23	0	0	0,0030	0,26	0	0
Myrtaceae	0,2490	19,02	0,0039	0,34	0,2421	25,65	0	0
Rhamnaceae	0,0047	0,38	0	0	0,0196	2,03	0	0
Rutaceae	0,0002	0,02	0	0	0,0019	0,20	0	0
Solanaceae	0,0001	0,01	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>0,9677</b>	<b>74,79</b>	<b>0,3209</b>	<b>25,21</b>	<b>0,6516</b>	<b>69,02</b>	<b>0,2812</b>	<b>30,98</b>



### 3.2 SUFICIÊNCIA DE AMOSTRAGEM

Na Tabela 4 são apresentados os resultados referentes à análise da suficiência de amostragem (N) para as diferentes classes de material arbustivo coletado.

As classes de material combustível vivo (MLV<sub>2</sub>) e morto (MLM<sub>3</sub>), com diâmetro acima de 2,5 cm, apareceram raras vezes nas parcelas de amostragens. Portanto, devido à sua baixa frequência e distribuição irregular na área amostrada, não se fez a análise de suficiência de amostragem dessas classes, sendo estas descartadas do estudo.

Tabela 4 - Cálculo da suficiência de amostragem (N) para as classes de materiais combustíveis arbustivos analisados.

<b>Cálculo de N em parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva</b>							
<b>Classe</b>	<b>Amostras</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>s<sup>2</sup></b>	<b>t<sup>2</sup></b>	<b>E<sup>2</sup></b>	<b>N</b>
Arbustivo vivo ≤ 0,7	60	1219,0123	868,0536	753517,1484	2,2010	33434,7990	<b>49,6039</b>
Arbustivo vivo > 0,7 ≤ 2,5	60	1197,6621	770,8144	594154,8699	2,2010	32273,8799	<b>40,5200</b>
Arbustivo morto ≤ 0,7	60	295,3496	395,8123	156667,3773	2,2010	1962,7070	<b>175,6891</b>
Arbustivo morto > 0,7 ≤ 2,5	60	509,5670	651,7766	424812,7368	2,2010	5842,3168	<b>160,0421</b>
Total geral de material	60	3221,5911	2074,9217	4305300,1110	2,2010	233519,6170	<b>40,5790</b>

<b>Cálculo de N em parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva</b>							
<b>Classe</b>	<b>Amostras</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>s<sup>2</sup></b>	<b>t<sup>2</sup></b>	<b>E<sup>2</sup></b>	<b>N</b>
Arbustivo vivo ≤ 0,7	25	887,4264	379,0664	143691,3437	2,2937	17719,3263	<b>18,6004</b>
Arbustivo vivo > 0,7 ≤ 2,5	25	722,1040	318,0003	101124,2021	2,2937	11732,2692	<b>19,7702</b>
Arbustivo morto ≤ 0,7	25	250,2360	193,3246	37374,3874	2,2937	1408,9063	<b>60,8458</b>
Arbustivo morto > 0,7 ≤ 2,5	25	472,1400	378,4482	143223,0750	2,2937	5015,6140	<b>65,4979</b>
Total geral de material	25	2331,9064	1001,8126	1003628,4619	2,2937	122350,2178	<b>18,8151</b>

Para as parcelas com mais de 50% de densidade de vegetação arbustiva, a suficiência de amostragem para a determinação da carga de material combustível foi atingida com a coleta de material em 60 subparcelas. Para as parcelas contendo menos de 50% de densidade arbustiva, a suficiência de amostragem foi atingida com a coleta de material em 25 subparcelas.

Observa-se que em ambos os tratamentos as classes de material lenhoso morto não atingiram a suficiência de amostragem conforme demonstrado nos resultados da coluna N da Tabela 4. O fato das classes compostas por material morto não terem atingido a suficiência de amostragem é resultado da pouca representatividade de material morto na época de coletas, assim como, de sua distribuição muito irregular nas subparcelas amostradas, ao contrário do que aconteceu com o material vivo. No entanto, salienta-se que este fato não influenciou

no resultado de suficiência de amostragem para a carga total e combustível arbustivo, que era o objetivo primário do trabalho.

Os resultados referentes à carga de material vivo e morto e respectivos teores de umidade em todas as subparcelas são apresentados no Apêndice 1.

### 3.3 CARGA DE MATERIAL ARBUSTIVO POR CLASSE DE ALTURA E DIÂMETRO BASAL

Na Tabela 5 são apresentados os resultados do número de indivíduos e da carga de material vivo, morto e total das classes relacionadas à altura *versus* diâmetro basal de todos os indivíduos contabilizados nas amostragens.

Tabela 5 - Número de indivíduos arbustivos coletados e carga de material vivo e morto das classes de altura e diâmetro basal.

Parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva						
Altura (m)	Diâmetro basal (cm)	Nº de indivíduos vivos	Carga de material vivo (ton.ha <sup>-1</sup> )	Nº de indivíduos mortos	Carga de material morto (ton.ha <sup>-1</sup> )	Carga total (ton.ha <sup>-1</sup> )
0,00 - 0,50	≤ 0,7	35	0,00311	0	0	0,00311
0,51 - 1,00	≤ 0,7	30	0,00355	1	0,00018	0,00373
1,01 - 1,50	≤ 0,7	2	0,00021	32	0,00257	0,00278
1,51 - 2,00	≤ 0,7	0	0	0	0	0
2,01 - 2,50	≤ 0,7	0	0	0	0	0
<b>Total</b>		<b>67</b>	<b>0,00687</b>	<b>33</b>	<b>0,00275</b>	<b>0,00962</b>
0,00 - 0,50	> 0,7 ≤ 2,5	03	0,00042	1	0,00017	0,00059
0,51 - 1,00	> 0,7 ≤ 2,5	816	0,32144	130	0,07363	0,39507
1,01 - 1,50	> 0,7 ≤ 2,5	778	0,48481	381	0,23430	0,71911
1,51 - 2,00	> 0,7 ≤ 2,5	94	0,14649	5	0,00971	0,15620
2,01 - 2,50	> 0,7 ≤ 2,5	05	0,00658	1	0,00147	0,00805
<b>Total</b>		<b>1696</b>	<b>0,95974</b>	<b>518</b>	<b>0,31928</b>	<b>1,27902</b>
Parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva						
Altura (m)	Diâmetro basal (cm)	Nº de indivíduos vivos	Carga de material vivo (ton.ha <sup>-1</sup> )	Nº de indivíduos mortos	Carga de material morto (ton.ha <sup>-1</sup> )	Carga total (ton.ha <sup>-1</sup> )
0,00 - 0,50	≤ 0,7	56	0,01278	0	0	0,01278
0,51 - 1,00	≤ 0,7	18	0,00795	0	0	0,00795
1,01 - 1,50	≤ 0,7	0	0	0	0	0
1,51 - 2,00	≤ 0,7	0	0	0	0	0
2,01 - 2,50	≤ 0,7	0	0	0	0	0
<b>Total</b>		<b>74</b>	<b>0,02073</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,02073</b>
0,00 - 0,50	> 0,7 ≤ 2,5	20	0,01736	0	0	0,01736
0,51 - 1,00	> 0,7 ≤ 2,5	246	0,22807	40	0,05696	0,28503
1,01 - 1,50	> 0,7 ≤ 2,5	176	0,29059	158	0,19990	0,49049
1,51 - 2,00	> 0,7 ≤ 2,5	15	0,05693	21	0,04782	0,10475
2,01 - 2,50	> 0,7 ≤ 2,5	3	0,01444	0	0	0,01444
<b>Total</b>		<b>460</b>	<b>0,60739</b>	<b>219</b>	<b>0,30468</b>	<b>0,91207</b>

A maior parte dos indivíduos arbustivos contabilizados (vivos e mortos) apresentou altura entre 0,51 e 1,50 m (classes: 0,51 – 1,00 e 1,01 – 1,50 m), enquanto que em relação ao diâmetro basal predominou a classe  $> 0,7$  e  $\leq 2,5$  cm, com quase 95% do total de indivíduos. Essas classes (com altura entre 0,51 e 1,50 m e diâmetro basal  $> 0,7$  e  $\leq 2,5$  cm) representaram 83,41% da carga de material vivo e 95,62% da carga de material morto para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva. Para as parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva, representaram 82,57% e 90,41% da carga de material vivo e morto respectivamente.

Em relação à variável altura, para o tratamento envolvendo as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva, 47,98% dos indivíduos vivos apresentaram altura entre 0,51 e 1,00 m e 44,24% apresentaram altura entre 1,01 e 1,50 m. Portanto, mais de 80% dos indivíduos vivos apresentaram altura de até 1,50 m. Para o material morto, 74,95% dos indivíduos arbustivos apresentaram altura entre 1,01 e 1,50 metros enquanto que 23,77% apresentaram altura entre 0,51 e 1,00 m, totalizando 98,72% do material morto com altura até 1,50 m.

Para o tratamento de parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva, 49,43% dos indivíduos vivos apresentaram altura entre 0,5 e 1,0 m e 32,95% apresentaram altura entre 1,0 e 1,5 m, representando assim, 82,88% do total de material vivo nestas duas classes de altura. Para o material morto coletado neste mesmo tratamento, 72,15% dos indivíduos apresentaram altura entre 1,0 e 1,5 m e 18,26% com altura entre 0,5 e 1,0 m, totalizando 90,76% do total de indivíduos coletados com altura máxima de 1,5 m.

No contexto geral do estrato arbustivo da área (considerando os dois tratamentos), 93,02% dos indivíduos arbustivos coletados apresentaram altura inferior a 1,50 m. Além disso, estima-se que para a classe de altura entre 1,51 e 2,00 metros, pelos menos a metade dos indivíduos contabilizados (de um total de 135) apresentaram altura abaixo de 1,80 metros. Dessa forma, de todos os indivíduos arbustivos coletados, 97,5 % apresentaram altura abaixo de 1,80 m, sendo, portanto, o estrato arbustivo local também composto basicamente por material combustível superficial, assim como acontece para o estrato herbáceo da área, conforme descrição apresentada no capítulo 2.

O padrão de altura do estrato arbustivo da área está dentro da faixa de altura registrado em trabalhos consultados da literatura. Ottmar *et al.* (2001) determinaram alturas médias para indivíduos lenhosos com diâmetro  $> 2,0$  e  $< 3,0$

cm em sete tipologias vegetacionais de campos sujos de Cerrado (vegetação herbácea contendo indivíduos lenhosos) na região de Brasília – DF, alturas médias variando de 0,90 a 1,50 m. Sah *et al.* (2004) registraram para dez espécies arbustivas do sub-bosque de vegetação de pinus no sul da Flórida – EUA, alturas variando de 0,7 a 5,5 m, com a maioria dos indivíduos coletados apresentando altura inferior a 2,5 m. Fernández, Vega e Fonturbel (2013), em estudo de resposta aos efeitos do fogo em duas comunidades arbustivas no nordeste da Espanha, encontraram alturas médias para diferentes espécies de arbustos variando de 0,39 a 0,96 m de altura. Castedo-Dourado *et al.* (2012) ao estudarem o material combustível arbustivo do sub-bosque de florestas dominadas por diferentes espécies de pinus na porção noroeste da Espanha, encontraram alturas médias de indivíduos variando de 0,86 m a 0,96 m. Saglam *et al.* (2008) registram, para a vegetação arbustiva de duas áreas localizadas na região oeste da Turquia, altura média de 0,91 m com mínima e máxima de 0,30 e 2,30 m respectivamente.

### 3.4 REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DIAMÉTRICAS EM RELAÇÃO AO TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL ARBUSTIVO

Na Tabela 6 são apresentados os resultados obtidos em percentual (%) para as diferentes classes de material combustível arbustivo para os dois tratamentos.

Tabela 6 - Carga de material combustível arbustivo das classes analisadas e representatividade em relação à carga total.

Parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva		
Classe de material	Carga (ton.ha <sup>-1</sup> )	Percentual (%) em relação à carga total
MLFV - Material lenhoso vivo com diâmetro ≤ 0,7 cm	0,4839	37,56
MLV <sub>1</sub> - Material lenhoso vivo com diâmetro > 0,7 e ≤ 2,5 cm	0,4798	37,23
MLM <sub>1</sub> - Material lenhoso morto com diâmetro ≤ 0,7 cm	0,1188	9,22
MLM <sub>2</sub> - Material lenhoso morto com diâmetro > 0,7 e ≤ 2,5 cm	0,2061	15,99
<b>Total</b>	<b>1,2886</b>	<b>100,00</b>
Parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva		
Classe	Carga (ton.ha <sup>-1</sup> )	Percentual (%) em relação à carga total
MLFV - Material lenhoso vivo com diâmetro ≤ 0,7 cm	0,3549	38,05
MLV <sub>1</sub> - Material lenhoso vivo com diâmetro > 0,7 e ≤ 2,5 cm	0,2889	30,97
MLM <sub>1</sub> - Material lenhoso morto com diâmetro ≤ 0,7 cm	0,1001	10,73
MLM <sub>2</sub> - Material lenhoso morto com diâmetro > 0,7 e ≤ 2,5 cm	0,1889	20,25
<b>Total</b>	<b>0,9328</b>	<b>100,00</b>

Do total geral de material coletado, a quantidade de material morto representou apenas 25% para as parcelas com mais de 50% de densidade de vegetação arbustiva, enquanto que para as parcelas com menos de 50% esse valor foi de aproximadamente 30% conforme mostrado na tabela 6.

Assim como acontece para o estrato herbáceo descrito no capítulo 2, também para o estrato arbustivo ocorre variação da quantidade de material vivo e morto em diferentes épocas. No entanto, ao contrário do estrato herbáceo onde ocorre uma variação entre o percentual de material vivo e morto nas quatro estações do ano, para o estrato arbustivo, o ciclo é um pouco mais longo, com a morte de maior parte de indivíduos de várias espécies geralmente ocorrendo a cada dois anos. Portanto, dependendo do ano em que são feitas as amostragens, pode haver maior carga de material vivo, ou então, maior carga de material morto. No caso deste estudo, o elevado percentual de material combustível arbustivo vivo em relação ao morto (Tabela 6) deveu-se ao fato das coletas terem sido realizadas no ano de 2012, ano com predomínio de vegetação arbustiva viva, que fez com que as classes de material vivo apresentassem as maiores cargas.

Na Figura 11 são apresentadas imagens mostrando a paisagem de um mesmo local da área de amostragens em anos distintos (2012 e 2013), mostrando o predomínio de vegetação arbustiva viva (FIGURA 11A) para o ano de 2012 e o predomínio de vegetação arbustiva morta (FIGURA 11B) para o ano de 2013.

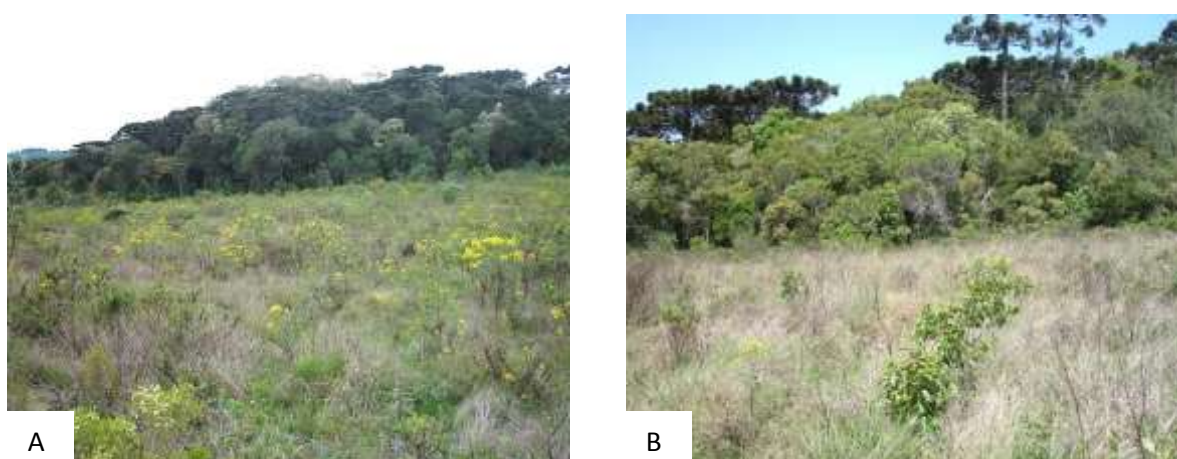


FIGURA 11 - Área de estudo no ano de 2012 com predomínio de vegetação arbustiva viva (A) e no ano de 2013 com predomínio de vegetação arbustiva morta (B).

Fonte: o autor (2014)

O ciclo de vida de grande parte dos indivíduos das espécies arbustivas da área tem influência direta das geadas que, embora ocorram praticamente em todos os anos, em alguns são mais severas, podendo inclusive, levar à morte indivíduos de espécies mais resistentes a este fenômeno climático.

### 3.5 DENSIDADE E CARGA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL ARBUSTIVO

O número de indivíduos coletados e a carga total das classes e do total geral de material combustível arbustivo (vivo + morto) obtido para as subparcelas das parcelas com mais e com menos de 50% de densidade arbustiva estão apresentadas nas Tabelas 10 e 11 (Anexos deste capítulo).

Em relação à análise estatística para comparação dos valores obtidos das cargas das classes de materiais aqui analisadas e a carga total de material entre os dois tratamentos, os resultados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Carga média (ton.ha<sup>-1</sup>) das classes de material arbustivo analisadas

Densidade arbustiva	Material vivo (cm)		Total material vivo	Material morto (cm)		Total material morto	Total de material
	≤ 0,7	>0,7 e < 2,5		≤ 0,7	>0,7 e < 2,5		
Parcelas com + 50%	0,4839 <sub>a</sub>	0,4798 <sub>a</sub>	0,9637 <sub>a</sub>	0,1188 <sub>a</sub>	0,2061 <sub>a</sub>	0,3249 <sub>a</sub>	1,2886 <sub>a</sub>
Parcelas com - 50%	0,3549 <sub>a</sub>	0,2888 <sub>b</sub>	0,6437 <sub>b</sub>	0,1001 <sub>a</sub>	0,1889 <sub>a</sub>	0,2890 <sub>a</sub>	0,9328 <sub>b</sub>
<b>Média</b>	<b>0,4194</b>	<b>0,3843</b>	<b>0,8037</b>	<b>0,1095</b>	<b>0,1975</b>	<b>0,3070</b>	<b>1,1107</b>

Nota: Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste "t".

Para a determinação da carga de material nas parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva, 2.314 indivíduos arbustivos foram contabilizados, com média de 38,56 por subparcela (1,54 indivíduos por metro quadrado). Para as parcelas com menos de 50% densidade arbustiva, o total de indivíduos coletados foi de 753, com média de 30,12 por subparcela (1,20 indivíduos por metro quadrado). Portanto, a densidade média de indivíduos calculada para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva (FIGURA 12) foi de 15.426,66 indivíduos por hectare enquanto que para as parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva (FIGURA 13) a densidade média foi de 12.048,10 indivíduos por hectare.



FIGURA 12 - Detalhe de parcela com mais de 50% de densidade arbustiva.  
Fonte: o autor (2014)



FIGURA 13 - Detalhe de parcela com menos de 50% de densidade arbustiva.  
Fonte: o autor (2014)

A densidade arbustiva na área é bem maior do que verificado em outros ambientes de campos. Ottmar *et al.* (2001) constataram para sete diferentes fisionomias de campos sujos da região fitogeográfica do Cerrado, densidade de vegetação lenhosa com altura de até 2,5 metros variando numa faixa de 946 a 4.445 indivíduos por hectare. Barbosa, Araújo e Melo (2010) encontraram valores entre 1.606 a 4.580 indivíduos por hectare para a região da Savana de Roraima.

A carga total de material combustível obtida para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva foi de  $1,2886 \text{ ton.ha}^{-1}$ , enquanto que para as parcelas com menos de 50% o valor foi de  $0,9328 \text{ ton.ha}^{-1}$ .

Os resultados obtidos estão dentro da escala de valores que podem ser obtidos para áreas de campo sujo de biomas brasileiros. Ottmar *et al.* (2001), estudando sete diferentes fisionomias de campos sujos de Cerrado, obtiveram valores para a vegetação arbustiva com diâmetro menor que 2,5 cm, de 0,410 a  $2,290 \text{ ton.ha}^{-1}$ . Miranda, Silva e Miranda (1996), também trabalhando em uma área de campo sujo de Cerrado encontraram um valor médio de  $0,300 \text{ ton.ha}^{-1}$  para o estrato arbustivo. Ribeiro *et al.* (2011), em pesquisa realizada em uma área coberta por Cerrado, estimaram uma carga de  $4,682 \text{ ton.ha}^{-1}$  de material combustível composto de vegetação arbustiva. Os mesmos autores, através da revisão de trabalhos realizados no bioma Cerrado em diferentes estados do Brasil, apresentaram valores de carga de material para o estrato arbustivo variando de 2,629 a  $3,200 \text{ ton.ha}^{-1}$ .

A análise estatística mostrou que não houve diferenças significativas entre os resultados das classes MLFV (material lenhoso-foliar vivo  $\leq 0,7$ ) e  $MLV_1$  (material lenhoso vivo  $> 0,7 \leq 2,5 \text{ cm}$ ) para os dois tratamentos. Em relação a classe MLFV isto pode ser explicado pela homogeneidade de distribuição do material na área, considerando que abrangeu todos os indivíduos da classe de diâmetro do caule  $\leq 0,7 \text{ cm}$ , além do material fino das copas (ramos e folhas) dos indivíduos da classe de diâmetro do caule com espessura de 0,71 a 2,5 cm. Em relação ao material morto, tanto para a classe  $MLM_1$  (material lenhoso vivo  $\leq 0,7 \text{ cm}$ ) como para a classe  $MLM_2$  (material lenhoso morto  $> 0,7 \leq 2,5 \text{ cm}$ ) a não diferenciação estatística significativa verificada para os dois tratamentos pode ser resultado da baixa representatividade desse tipo de material em toda a área durante o período de coletas.

De acordo com as análises estatísticas, houve diferença significativa entre os dois tratamentos para a carga de material vivo da classe  $MLV_1$  e também entre a carga total de material vivo e carga total geral de combustíveis (vivos e mortos). Uma possível explicação para essa diferença pode ser a proporção de indivíduos com altura de 1,01 e 2,5 metros e diâmetro da base do caule de 0,71 e 2,5 cm para os dois tratamentos. Enquanto que para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva foi observada uma frequência média de 14,62 indivíduos por subparcela, para as parcelas com menos de 50%, a frequência média foi de 7,76 indivíduos por



subparcela. Indivíduos com maior altura geralmente contribuem com maior quantidade de material mais espesso, levando-se em conta que o caule tende a engrossar e apresentar maior biomassa à medida que a planta cresce. Dessa forma, com a maior proporção de indivíduos com essas medidas para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva, houve uma carga proporcional bem maior do que nas de menos de 50%, resultando na diferença significativa entre os dois tratamentos.

Outro comparativo pode ser feito entre as cargas de material vivo das classes MLFV e MLV<sub>1</sub>. Para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva os resultados foram muito próximos, sendo 0,4876 ton.ha<sup>-1</sup> para a classe MLFV e 0,4798 ton.ha<sup>-1</sup> para a classe MLV<sub>1</sub>. Já para as parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva os valores foram de 0,3549 e 0,2888 ton.ha<sup>-1</sup> respectivamente. A desproporção verificada entre indivíduos com altura entre 1,01 m e 2,50 metros e diâmetro da base do caule entre 0,71 e 2,5 cm nos dois tratamentos refletiu diretamente sobre os resultados do total de material vivo e do total geral de material (vivo + morto) que também apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos realizados.

### 3.6 TEOR DE UMIDADE DO MATERIAL

Na Tabela 8 são apresentados os valores dos cálculos do teor de umidade para as classes de materiais combustíveis analisadas e dos totais de material vivo, morto e do total.

Tabela 8 - Teor médio de umidade das classes de material arbustivo

Classe de material	Teor médio de umidade (%) para parcelas com (+) de 50% de densidade arbustiva	Teor médio de umidade (%) para parcelas com (-) de 50% de densidade arbustiva
MLFV - Material vivo com diâmetro ≤ 0,7 cm	174,98 <sub>a</sub>	155,67 <sub>a</sub>
MLV <sub>1</sub> - Material vivo com diâmetro ≥ 0,7 e < 2,5 cm	135,07 <sub>a</sub>	131,46 <sub>a</sub>
MLM <sub>1</sub> - Material morto com diâmetro ≤ 0,7 cm	20,29 <sub>a</sub>	23,65 <sub>a</sub>
MLM <sub>2</sub> - Material morto com diâmetro ≥ 0,7 e < 2,5 cm	21,26 <sub>a</sub>	19,71 <sub>a</sub>
TMV - Total de material vivo	155,03 <sub>a</sub>	140,57 <sub>a</sub>
TMM - Total de material morto	20,78 <sub>a</sub>	22,41 <sub>a</sub>
TMVM - Total de material (vivo + morto)	87,90 <sub>a</sub>	81,49 <sub>a</sub>

Nota: Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si estatisticamente pelo teste "t".

De acordo com os resultados da Tabela 8, não foram registradas diferenças estatísticas significativas entre os teores de umidade obtidos para as diferentes classes diamétricas de material combustível, em comparação aos dois tratamentos.

De acordo com Soares e Batista (2007), combustíveis vivos e mortos apresentam diferentes mecanismos de retenção de umidade com distintas respostas às variáveis climáticas. Enquanto o material morto é mais seco e o teor de umidade sofre alterações mais bruscas devido às condições do tempo (ação das variáveis meteorológicas), o material vivo, por sua vez, é mais úmido e mais estável, com o teor de umidade tendo relação direta com a fisiologia das diferentes espécies. Os autores citam que a umidade da folhagem de vegetação viva pode variar de 300% no estágio inicial de crescimento (brotação) até 50% quando entra em estágio de dormência (amarelamento).

Embora não tenha sido registrada diferença estatística significativa entre os teores de umidade para os dois tratamentos, observa-se que todas as classes de material vivo das parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva apresentaram maior teor de umidade em relação às mesmas classes das parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva. Os teores de umidade dos totais de material vivo mostram que houve uma diferença de aproximadamente 10% entre ambas, com uma redução verificada para as parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva.

Uma possível explicação pode ser dada pela sequência da realização das coletas. Inicialmente, foram feitas as coletas nas parcelas com densidade arbustiva acima de 50%. Em seguida, a coleta nas parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva. O espaço de tempo da realização das coletas entre os dois tratamentos foi de aproximadamente dois meses. Como parte das espécies do estrato arbustivo da área apresenta ciclo de vida curto, incluindo algumas que contribuíram bastante para a carga total de material, a diferenciação registrada pode estar relacionada à natural redução do teor de umidade dos tecidos vegetais dessas plantas por se encontrarem em processo de senilidade. Portanto, durante o período de amostragens, a maioria dos indivíduos das espécies arbustivas coletadas se encontrava em estágio final do ciclo de vida, ocorrendo a morte destes no ano seguinte (2013).

Para o material morto, as diferenciações foram de valores muito baixos, levando-se em consideração que todas as coletas foram feitas em condições meteorológicas similares, com pelo menos cinco dias sem a ocorrência de chuvas.

## 4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo foi possível apresentar as seguintes conclusões:

A carga de material combustível arbustivo obtida para a área de estudo foi compatível com a estimada para a vegetação de campos sujos em biomas de Campo e Savana;

Muito embora a literatura apresente que a diversidade de espécies botânicas arbustivas na Estepe paranaense seja grande, na área de estudo a carga de material combustível foi oriunda de poucas espécies;

A altura da vegetação arbustiva da área de estudo observada foi relativamente baixa, com média aproximada de 1,0 m, sendo portanto, o estrato arbustivo local composto de material combustível superficial;

Predominam no estrato arbustivo local indivíduos lenhosos que apresentam diâmetro da base do caule variando entre 0,71 e 2,5 cm;

Cerca 70% da carga do estrato arbustivo constituiu-se de material vivo contendo alto percentual de umidade, o que representou, para esse estrato, baixo perigo de incêndio.

## REFERÊNCIAS

ANNE, G.; MARIELLE, J.; LAMPIN-MAILLET, C.; THOMAS, C. LAURENT, B. Fuel characterization and effects of wildlife recurrence on vegetation structure on limestone soils in southeastern France. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, p. 515 - 523, 2009.

BARBOSA, R. I.; ARAÚJO, A. C. O.; MELO, M. C. **COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA DA COMUNIDADE ARBÓREO-ARBUSTIVA NAS PARCELAS PERMANENTES DAS GRADES DE SAVANA DO PPBio EM RORAIMA**. Relatório Técnico PPBio – Programa de Pesquisa em Biodiversidade, Boa Vista, Roraima, 2010.

BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 1990.

BEUTLING, A.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; VITORINO, M. D. Quantificação de material combustível superficial em reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 3, p. 465 - 472, 2005.

BILGILI, E.; KUÇUK, O. Estimating Above-Ground Fuel Biomass in Young Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) **Energy & Fuels**, Washington, v. 23, p. 1797 - 1800, 2009.

BROWN, J. K.; OBERHEU, R. D.; JOHNSTON, C. M. **Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the interior west**. US Departamento of Agriculture – Forest Service, 1982.

CARMO, M. R. B. do. **CARACTERIZAÇÃO FITOFISIONÔMICA DO PARQUE ESTADUAL DO GUARTELÁ, MUNICÍPIO DE TIBAGI, ESTADO DO PARANÁ**. 152 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Setor de Biologia Vegetal, Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, São Paulo, 2006.

CASTEDO-DOURADO, F.; GÓMEZ-VÁZQUEZ, I.; FERNANDES, P. M. CRESCENTE-CAMPO, F. Shrub fuel characteristic estimated from overstory variables in NW Spain pine stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 275, p. 30 - 141, 2012.

CERVI A. C.; LINSINGEN L.; HATSCHBACH G.; RIBAS O. S. A vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Boletim do Museu Botânico Municipal**, Curitiba, v. 69, p. 1 - 52, 2007.

CHIONO, L. A.; O'HARA, K. L.; LASAUX, M. J. de.; NADER, G. A.; STEPHENS, S. L. Development of Vegetation and surfasse Fuels Following Fire Hazard Reduction Treatment. **Forest**, n. 3, p. 700 - 722, 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **RESOLUÇÃO Nº 417, DE 23 DE NOVEMBRO DE 2009 (D.O.U. 24/11/09)**. Disponível em [http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2009ResCONAMA\\_417.pdf](http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2009ResCONAMA_417.pdf). Acesso em: 25/06/2014.

DALAZOANA, K.; SILVA, M. A. da; MORO, R. S. "Comparação de Três Fisionomias de Campo Natural no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, PR". **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 675 - 677, 2007.

DALAZOANA, K. **ESPACIALIZAÇÃO DOS CAMPOS NATIVOS NA ESCARPA DEVONIANA DO PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS GERAIS, PR**. 145 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Território) – Setor de Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, 2010.

DALAZOANA, K.; MORO R. S. Riqueza Específica em Áreas de Campo Nativo Impactadas Por Visitação Turística e Pastejo no Parque Nacional dos Campos Gerais, PR. **FLORESTA**, Curitiba, v. 41, n. 2, p. 387 - 396, 2011.

DALAZOANA, K.; BARBOSA, T. A.; MORO R. S. **A vegetação nas unidades de paisagem na porção da escarpa devoniana, Parque Nacional dos Campos Gerais, PR**. UEPG. Paraná. Disponível em: <[http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo2006.Pdf](http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo2006.Pdf)>. Acesso em: 15/06/2014.

ESTEVAN, D. A. **A VEGETAÇÃO NO MUNICÍPIO DE VENTANIA (PARANÁ, BRASIL)**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, 2006.

FERNANDES, F.; FERRONATO, M. Z.; MORO, R. S. RIO PITANGUI, COMPOSIÇÃO E CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DAS UNIDADES DE PAISAGEM. **Revista da ANPEGE**, Fortaleza, v. 7, n. 8, p. 119 - 127, 2011.

FERNÁNDEZ, C.; VEGA, J. A.; FONTURBEL, T. Shrub resprouting response after fuel reduction treatments: comparison of prescribed burning, clearing and mastication. **Journal of Environmental Management**, v. 117, p. 235 - 241, 2013.

GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com>. 2014.

KEANE, R. E.; GRAY, K.; BACCIU, V.; LEIRFALLOM, S. Spatial scaling of wildland fuels for six forest and rangeland ecosystems of the northern Rocky Mountains, USA. **Landscape Ecology**, Phoenix, v. 27, p. 1213.-1234, 2012.

KOZERA, C. **Florística e fitossociologia de uma formação pioneira com influência fluvial e de uma estepe gramíneo-lenhosa em diferentes unidades geopedológicas, município de Balsa Nova, Paraná, Brasil**. 267 f. Tese (Doutorado em Conservação da Natureza) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2008.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 4º edição, Editora UEPG, Ponta Grossa, 2012. 526 p.

MIRANDA, H. S.; ROCHA E SILVA, E. P.; MIRANDA, A. C. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. de S. (Org.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: UnB, ECL, p.1 - 10, 1996.

MORO, R.S. A vegetação dos Campos Gerais da Escarpa Devoniana. In: DITZEL, C.H. M.; SAHR, C.L. **Espaço e cultura**: Ponta Grossa e os Campos Gerais. Ponta Grossa: Ed. UEPG, p. 481 - 503, 2001.

OTTMAR, R. D.; VIHNANEK, R. E. MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A. **Stereo photo series for quantifying cerrado fuels in central Brazil** - volume I. USDA - UNB, Brasília, 2001.

RIBEIRO, S. C.; FEHRMANN, L.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. C.; KLEIN, C.; OLIVEIRA GASPARG, R., de. Above and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 262, p. 491 - 499, 2011.

REINER, A. L.; TAUSCH, R. J.; WALKER, R. F. Estimation procedures for understory biomass and fuel loads in Sagerrush Steppe invaded by woodlands. **BioOne**, Washington, v. 70, n. 3, p. 312 - 322, 2010.

SAGLAM, B.; KÜÇÜK, Ö.; BILGILI, E.; DINÇ DURMAZ, B.; BAYSAL, I. Estimating Fuel Biomass of Some Shrub Species (Maquis) in Turkey. **Turkey Journal of Agriculture and Forest**, Ankara, vol. 32, p. 349 - 356, 2008.

SAH, J. P.; ROSS, M. S. KOPTUR, S.; SNYDER, J. R. Estimating aboveground biomass of broadleaved woody plants in the understory of Florida Keys pine forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 203, p. 319 - 329, 2004.

SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. **Incêndios florestais**: controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba, 2007.

SOUZA, L. J. B; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. Modelagem do material combustível superficial em povoamentos de *Eucalyptus dunnii*, em Três Barras, SC. **Cerne**, Lavras, v. 9, p. 231 - 245, 2003.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T.; SOUZA, R. M. Caracterização do material combustível e simulação do comportamento do fogo em eucaliptais no litoral norte da Bahia, Brasil. **Floresta**, Curitiba, vol. 44, p 33 - 42, 2014.

## **APÊNDICES**



## APÊNDICE 1

Tabela 9 - Carga e teor de umidade das classes de material combustível arbustivo vivo obtido para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva.

Subparcelas	Nº de indivíduos coletados	Mat. Vivo ≤ 0,7 cm		Mat. Vivo > 0,7 e ≤ 2,5 cm		Total de material vivo	
		Massa (ton.ha <sup>-1</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (ton.ha <sup>-1</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (ton.ha <sup>-1</sup> )	Teor de umidade (%)
1	24	1,0025	126,70	0,9666	98,49	1,9691	112,60
2	23	0,3856	142,77	0,5394	117,08	0,9250	129,93
3	17	0,3637	80,01	0,3796	93,17	0,7432	86,59
4	30	0,2485	125,96	0,4886	103,82	0,7371	114,89
5	37	0,4344	111,28	1,0226	105,91	1,4570	108,60
6	50	0,6094	122,04	0,6156	115,51	1,2249	118,78
7	35	0,6046	98,81	0,5659	94,25	1,1705	96,53
8	18	0,3432	120,71	0,1977	113,47	0,5410	117,09
9	59	1,0125	151,08	1,0123	104,30	2,0248	127,69
10	13	0,1929	115,60	0,1777	96,04	0,3706	105,82
11	12	0,1309	159,66	0,1470	106,63	0,2778	133,14
12	15	0,4003	157,32	0,4845	109,64	0,8848	133,48
13	32	0,7314	137,75	0,7900	130,77	1,5214	134,26
14	20	0,3131	144,28	0,4712	104,96	0,7843	124,62
15	25	0,3068	184,08	0,4464	144,45	0,7533	164,27
16	23	0,3928	161,09	0,3242	172,48	0,7170	166,78
17	35	0,3664	207,39	0,5024	147,74	0,8688	177,56
18	42	1,0318	159,61	0,9528	141,31	1,9846	150,46
19	23	0,1659	244,17	0,2667	164,77	0,4326	204,47
20	22	0,2566	176,94	0,4548	132,26	0,7115	154,60
21	14	0,1997	121,78	0,3050	102,06	0,5047	111,92
22	20	0,1885	138,65	0,3811	116,21	0,5696	127,43
23	28	0,5190	125,16	0,4366	95,20	0,9556	110,18
24	18	0,1897	183,95	0,7169	108,70	0,9066	146,32
25	16	0,1701	132,50	0,1652	97,07	0,3352	114,78
26	19	0,3103	117,37	0,1851	114,93	0,4954	116,15
27	10	0,1409	233,97	0,1668	132,49	0,3078	183,23
28	11	0,1568	156,97	0,1141	103,00	0,2710	129,98
29	26	0,2444	132,39	0,2019	113,74	0,4463	123,07
30	32	0,5100	152,72	0,5100	150,00	1,0200	151,36
31	43	0,2756	164,18	0,2460	185,67	0,5216	174,92
32	26	0,3374	276,52	0,1608	191,57	0,4982	234,04
33	37	0,5223	291,00	0,9204	164,10	1,4427	227,55
34	30	0,3118	230,38	0,3239	155,05	0,6358	192,72
35	34	0,3718	270,03	0,2029	236,68	0,5747	253,35
36	14	0,2413	257,68	0,1366	233,39	0,3779	245,54
37	15	0,3175	394,11	0,2908	212,29	0,6084	303,20
38	29	0,3157	326,48	0,2232	242,93	0,5389	284,70
39	19	0,1537	269,71	0,1494	195,39	0,3031	232,55
40	27	0,1282	216,92	0,1308	181,84	0,2590	199,38
41	26	0,3804	179,19	0,3486	133,91	0,7291	156,55
42	27	0,6325	154,11	0,3368	125,51	0,9693	139,81
43	35	0,5594	124,59	0,3925	140,12	0,9520	132,35
44	66	1,0927	164,82	0,8702	113,76	1,9629	139,29
45	69	1,0384	135,09	1,0393	111,98	2,0777	123,54
46	86	1,8711	131,01	1,3544	118,26	3,2255	124,64
47	49	0,7890	165,40	0,7698	144,44	1,5588	154,92
48	23	1,0090	148,20	0,1426	123,34	1,1516	135,77
49	19	0,2198	212,66	0,3106	161,19	0,5304	186,92
50	15	0,1517	188,73	0,2412	144,86	0,3929	166,79
51	36	0,3422	182,31	0,3655	140,79	0,7077	161,55
52	32	1,1061	166,67	1,0046	134,16	2,1107	150,41
53	34	1,0613	154,54	0,4741	128,68	1,5354	141,61
54	38	1,1031	159,22	0,6472	125,93	1,7503	142,57
55	21	0,8309	187,30	0,9340	113,31	1,7649	150,30
56	25	0,4383	167,20	0,2833	112,40	0,7216	139,80
57	17	0,3552	182,93	0,2929	144,03	0,6481	163,48
58	32	0,5891	203,89	0,7685	121,00	1,3576	162,45
59	35	0,3097	184,98	0,3425	118,68	0,6522	151,83
60	55	0,4780	186,46	1,0520	118,38	1,5300	152,42
<b>Média</b>	<b>29,38</b>	<b>0,4839</b>	<b>174,98</b>	<b>0,4798</b>	<b>135,07</b>	<b>0,9637</b>	<b>155,03</b>
<b>Total</b>	<b>1763</b>	<b>29,2563</b>		<b>28,7471</b>		<b>58,0002</b>	

Tabela 10 - Carga e teor de umidade das classes de material combustível arbustivo morto obtido para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva.

Subparcelas	Nº de indivíduos coletados	Mat. Morto $\leq 0,7$ cm		Mat. Morto $> 0,7$ e $\leq 2,5$ cm		Total de material morto	
		Massa (ton.ha <sup>-1</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (ton.ha <sup>-1</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (ton.ha <sup>-1</sup> )	Teor de umidade (%)
1	3	0,1946	8,75	0,2726	9,91	0,4672	9,33
2	15	0,1770	12,09	0,3972	21,53	0,5741	16,81
3	6	0,0528	42,77	0,0398	31,22	0,0926	37,00
4	21	0,1754	14,91	0,4370	27,08	0,6125	21,00
5	13	0,3112	11,23	0,2294	7,79	0,5406	9,51
6	26	0,7778	15,34	1,1838	11,98	1,9616	13,66
7	5	0,3954	21,82	0,0630	21,82	0,4584	21,82
8	14	0,0175	6,85	0,2026	8,40	0,2201	7,63
9	27	0,8353	27,40	1,0488	28,60	1,8841	28,00
10	6	0,1410	9,40	0,2461	8,43	0,3871	8,92
11	4	0,0606	29,32	0,0226	25,07	0,0831	27,20
12	3	0,0820	19,00	0,0972	11,58	0,1792	15,29
13	5	0,0386	8,88	0,0877	9,15	0,1263	9,02
14	3	0,0256	15,70	0,1036	20,98	0,1291	18,34
15	1	0,0068	34,19	0,0108	25,83	0,0176	30,01
16	3	0,0331	27,31	0,1038	18,33	0,1368	22,82
17	7	0,0813	37,50	0,1738	33,34	0,2552	35,42
18	15	0,0978	40,94	0,2124	48,18	0,3102	44,56
19	4	0,0171	25,23	0,0386	24,74	0,0557	24,99
20	4	0,0235	38,67	0,0228	36,17	0,0463	37,42
21	8	0,0263	13,49	0,0508	12,00	0,0771	12,75
22	6	0,0314	13,89	0,0769	14,13	0,1083	14,01
23	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0
24	13	0,1063	13,58	0,1519	19,19	0,2582	16,39
25	9	0,0755	12,26	0,1062	18,09	0,1817	15,18
26	13	0,2046	13,23	0,3427	27,97	0,5473	20,60
27	11	0,0568	10,07	0,0000	0	0,0568	5,04
28	14	0,1654	16,39	0,2468	14,34	0,4122	15,37
29	4	0,0780	10,07	0,1072	10,45	0,1852	10,26
30	5	0,0331	11,11	0,0498	10,93	0,0829	11,02
31	14	0,0605	18,86	0,1649	31,56	0,2254	25,21
32	12	0,1061	33,39	0,2732	31,72	0,3793	32,56
33	23	0,0532	38,20	0,1728	25,52	0,2260	31,86
34	21	0,0552	39,05	0,2025	31,02	0,2578	35,04
35	16	0,1155	34,50	0,2611	25,42	0,3766	29,96
36	16	0,0066	22,89	0,0156	30,82	0,0222	26,86
37	4	0,0106	35,13	0,0216	32,44	0,0322	33,79
38	1	0,0134	33,83	0,0349	19,70	0,0483	26,77
39	5	0,0126	26,58	0,0768	16,66	0,0894	21,62
40	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0
41	11	0,1921	28,24	0,2048	24,34	0,3969	26,29
42	5	0,0234	25,34	0,0600	42,53	0,0834	33,94
43	6	0,0580	25,86	0,1576	33,38	0,2156	29,62
44	4	0,0431	20,06	0,1205	31,27	0,1636	25,67
45	6	0,0670	23,15	0,1332	37,11	0,2002	30,13
46	19	0,3402	13,03	0,4070	23,45	0,7473	18,24
47	8	0,1122	33,40	0,2434	16,35	0,3555	24,88
48	7	0,0624	27,05	1,3232	16,47	1,3856	21,76
49	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0
50	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0
51	13	0,1487	9,79	0,4160	28,25	0,5647	19,02
52	7	0,0400	22,74	0,0769	36,78	0,1169	29,76
53	11	0,1958	10,20	0,2772	19,05	0,4730	14,63
54	7	0,0578	21,20	0,1869	28,87	0,2447	25,04
55	4	0,0251	13,40	0,0688	18,67	0,0938	16,04
56	9	0,1092	11,96	0,1380	20,58	0,2472	16,27
57	5	0,0614	13,68	0,0602	9,97	0,1216	11,83
58	19	0,2870	35,08	0,5268	30,81	0,8138	32,95
59	18	0,2720	19,35	0,3603	33,17	0,6324	26,26
60	12	0,2376	19,76	0,1197	22,63	0,3573	21,20
<b>Média</b>	<b>9,18</b>	<b>0,1188</b>	<b>20,29</b>	<b>0,2061</b>	<b>21,26</b>	<b>0,3249</b>	<b>20,78</b>
<b>Total</b>	<b>551</b>	<b>7,0884</b>		<b>12,2296</b>		<b>19,3180</b>	

Tabela 11 - Carga e teor de umidade das classes de material combustível arbustivo vivo obtido para as parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva.

Subparcelas	Nº de indivíduos coletados	Mat. Vivo ≤ 0,7 cm		Mat. Vivo > 0,7 e ≤ 2,5 cm		Total de material vivo	
		Massa (ton.ha <sup>-1</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (ton.ha <sup>-1</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (ton.ha <sup>-1</sup> )	Teor de umidade (%)
1	16	0,4210	131,07	0,2928	108,82	0,7138	117,43
2	27	0,3747	131,44	0,1389	119,42	0,5136	122,90
3	16	0,2470	162,03	0,3358	122,80	0,5828	139,30
4	28	0,3872	145,55	0,4449	120,90	0,8321	130,43
5	22	0,2054	145,50	0,1474	156,48	0,3528	148,19
6	14	0,2840	143,11	0,2860	125,69	0,5700	131,65
7	12	0,1763	159,63	0,1633	133,29	0,3396	143,39
8	16	0,1673	157,98	0,1385	122,75	0,3058	137,33
9	14	0,2155	205,43	0,1412	131,61	0,3567	164,57
10	35	0,5298	148,93	0,4963	105,67	1,0261	124,44
11	6	0,2678	180,52	0,2157	118,71	0,4836	146,15
12	14	0,3211	186,43	0,3494	177,67	0,6705	178,47
13	19	0,1648	175,85	0,1780	131,28	0,3428	150,18
14	26	0,6119	136,86	0,5583	98,87	1,1702	115,24
15	33	0,4994	134,31	0,2246	88,85	0,7240	109,00
16	26	0,2319	146,80	0,1418	152,77	0,3736	146,96
17	12	0,3812	157,93	0,2220	153,02	0,6032	152,44
18	19	0,5404	144,71	0,3357	135,04	0,8760	137,09
19	17	0,1875	144,11	0,2552	125,71	0,4428	132,14
20	31	0,4530	151,61	0,3094	124,23	0,7624	135,01
21	22	0,3592	152,72	0,2424	128,86	0,6015	137,86
22	28	0,6840	175,74	0,5154	168,58	1,1994	168,78
23	26	0,5592	135,11	0,4145	113,49	0,9738	121,70
24	20	0,3877	179,45	0,4212	179,20	0,8089	175,88
25	25	0,2168	158,92	0,2524	142,87	0,4692	147,84
<b>Média</b>	<b>20,96</b>	<b>0,3549</b>	<b>155,67</b>	<b>0,2888</b>	<b>131,46</b>	<b>0,6437</b>	<b>140,57</b>
<b>Total</b>	<b>524</b>	<b>8,8743</b>		<b>7,2210</b>		<b>1,6097</b>	

Tabela 12 - Carga e teor de umidade das classes de material combustível arbustivo morto obtido para as parcelas com menos de 50% de densidade arbustiva.

Subparcelas	Nº de indivíduos coletados	Mat. Morto $\leq 0,7$ cm		Mat. Morto $> 0,7$ e $\leq 2,5$ cm		Total de material vivo	
		Massa (ton.ha <sup>-1</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (ton.ha <sup>-1</sup> )	Teor de umidade (%)	Massa (ton.ha <sup>-1</sup> )	Teor de umidade (%)
1	11	0,0898	27,37	0,1196	21,34	0,2093	24,36
2	4	0,0256	25,00	0,0514	24,61	0,0770	24,81
3	9	0,1021	15,77	0,1421	19,69	0,2442	17,73
4	14	0,1944	26,02	0,4021	22,32	0,5965	24,17
5	13	0,0812	24,56	0,2309	19,60	0,3121	22,08
6	6	0,0467	23,74	0,0469	21,51	0,0936	22,62
7	7	0,1586	20,78	0,2941	19,13	0,4527	19,95
8	1	0,0295	15,18	0,0608	9,80	0,0904	12,49
9	2	0,0271	25,66	0,0098	38,21	0,0370	31,94
10	1	0,0155	20,60	0,0568	12,96	0,0723	16,78
11	2	0,0214	30,60	0,0238	22,15	0,0453	26,38
12	1	0,0329	15,57	0,0384	21,75	0,0713	18,66
13	3	0,0439	21,52	0,0612	20,97	0,1051	21,24
14	18	0,3427	18,91	0,4126	16,06	0,7553	17,49
15	4	0,0584	19,73	0,1342	14,42	0,1926	17,08
16	20	0,1720	23,76	0,4777	14,08	0,6497	18,92
17	2	0,0531	28,01	0,0902	12,59	0,1434	20,30
18	8	0,1120	15,84	0,2510	14,63	0,3630	15,24
19	6	0,0584	21,25	0,1289	15,35	0,1873	36,60
20	18	0,1611	42,08	0,2496	23,21	0,4107	32,65
21	12	0,1570	22,75	0,3521	18,35	0,5090	20,55
22	15	0,1783	19,40	0,2501	18,05	0,4284	18,73
23	13	0,0685	31,55	0,1628	21,89	0,2313	26,72
24	22	0,1834	27,08	0,5386	28,04	0,7221	27,56
25	18	0,0887	28,57	0,1356	21,98	0,2243	25,27
<b>Média</b>	<b>9,2</b>	<b>0,1001</b>	<b>23,65</b>	<b>0,1889</b>	<b>19,71</b>	<b>0,2890</b>	<b>22,41</b>
<b>Total</b>	<b>230</b>	<b>2,5024</b>		<b>4,7214</b>		<b>7,2238</b>	

Tabela 13 - Carga total das classes e total geral de material combustível arbustivo (vivo + morto) obtido para as parcelas com mais de 50% de densidade arbustiva.

Subparcela	Nº de indivíduos	Total de material $\leq 0,7$ (vivo e morto) (ton.ha <sup>-1</sup> )	Total de material $> 0,7 \leq 2,5$ (vivo e morto) (ton.ha <sup>-1</sup> )	Total geral (ton.ha <sup>-1</sup> )
1	27	1,1971	1,2392	2,4363
2	38	0,5625	0,9366	1,4991
3	23	0,4165	0,4193	0,8358
4	51	0,4239	0,9257	1,3496
5	50	0,7456	1,2520	1,9976
6	76	1,3871	1,7994	3,1865
7	40	1,0000	0,6289	1,6289
8	32	0,3608	0,4003	0,7610
9	86	1,8478	2,0611	3,9089
10	19	0,3340	0,4238	0,7577
11	16	0,1914	0,1695	0,3610
12	18	0,4823	0,5817	1,0640
13	37	0,7700	0,8777	1,6476
14	23	0,3387	0,5747	0,9134
15	26	0,3136	0,4573	0,7709
16	26	0,4258	0,4280	0,8538
17	42	0,4477	0,6763	1,1240
18	57	1,1296	1,1652	2,2948
19	27	0,1830	0,3053	0,4883
20	26	0,2802	0,4776	0,7578
21	22	0,2260	0,3558	0,5818
22	26	0,2199	0,4580	0,6779
23	28	0,5190	0,4366	0,9556
24	31	0,2960	0,8688	1,1648
25	25	0,2456	0,2713	0,5169
26	32	0,5148	0,5278	1,0426
27	21	0,1977	0,1668	0,3645
28	25	0,3223	0,3609	0,6832
29	30	0,3224	0,3091	0,6315
30	37	0,5431	0,5598	1,1029
31	57	0,3361	0,4109	0,7470
32	38	0,4435	0,4340	0,8775
33	60	0,5756	1,0932	1,6688
34	51	0,3671	0,5264	0,8935
35	50	0,4873	0,4640	0,9513
36	30	0,2480	0,1522	0,4001
37	19	0,3281	0,3124	0,6405
38	30	0,3291	0,2581	0,5872
39	24	0,1664	0,2262	0,3925
40	27	0,1282	0,1308	0,2590
41	37	0,5725	0,5535	1,1260
42	32	0,6558	0,3968	1,0526
43	41	0,6174	0,5501	1,1676
44	70	1,1358	0,9907	2,1265
45	75	1,1054	1,1725	2,2779
46	105	2,2114	1,7614	3,9728
47	57	0,9011	1,0132	1,9143
48	30	1,0714	1,4658	2,5372
49	19	0,2198	0,3106	0,5304
50	15	0,1517	0,2412	0,3929
51	49	0,4909	0,7815	1,2724
52	39	1,1461	1,0815	2,2276
53	45	1,2571	0,7513	2,0084
54	45	1,1609	0,8341	1,9950
55	25	0,8560	1,0027	1,8587
56	34	0,5475	0,4213	0,9688
57	22	0,4166	0,3531	0,7697
58	51	0,8762	1,2953	2,1715
59	53	0,5818	0,7028	1,2846
60	67	0,7156	1,1716	1,8873
<b>Média</b>	<b>38,57</b>	<b>0,6057</b>	<b>0,6829</b>	<b>1,2886</b>
<b>Total</b>	<b>2314</b>	<b>36,3447</b>	<b>40,9735</b>	<b>77,3182</b>

Tabela 14 - Carga total das classes e total geral de material combustível arbustivo (vivo + morto) obtido para as parcelas com menos de 50% de arbustiva.

Subparcela	Nº de indivíduos	Total de material ≤ 0,7 (vivo e morto) (ton.ha <sup>-1</sup> )	Total de material > 0,7 ≤ 2,5 (vivo e morto) (ton.ha <sup>-1</sup> )	Total geral (ton.ha <sup>-1</sup> )
61	11	0,5108	0,4124	0,9232
62	4	0,4003	0,1902	0,5906
63	9	0,3492	0,4779	0,8270
64	14	0,5815	0,8470	1,4286
65	13	0,2866	0,3783	0,6650
66	6	0,3307	0,3329	0,6744
67	7	0,3349	0,4574	0,7923
68	1	0,1968	0,1993	0,3901
69	2	0,2426	0,1510	0,3936
70	1	0,5453	0,5531	1,0936
71	2	0,2893	0,2396	0,5288
72	1	0,3540	0,3878	0,7418
73	3	0,2087	0,2392	0,4479
74	18	0,9547	0,9708	1,9255
75	4	0,5578	0,3589	0,9166
76	20	0,4039	0,6195	1,0234
77	2	0,4343	0,3123	0,7466
78	8	0,6524	0,5866	1,2390
79	6	0,2459	0,3841	0,6300
80	18	0,6141	0,5590	1,1731
81	12	0,5161	0,5944	1,1106
82	15	0,8622	0,7656	1,6278
83	13	0,6277	0,5773	1,2050
84	22	0,5712	0,9598	1,5310
85	18	0,3056	0,3880	0,6935
<b>Média</b>	<b>9,2</b>	<b>0,4551</b>	<b>0,4777</b>	<b>0,9328</b>
<b>total</b>	<b>230</b>	<b>11,3766</b>	<b>11,9424</b>	<b>23,3191</b>

## **Capítulo 4**

### **COMPORTAMENTO DO FOGO**

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das práticas de manejo de vegetação aplicada em vários países consiste de queimas prescritas ou controladas. Para essas práticas, o conhecimento do comportamento do fogo é essencial para que sejam realizadas com segurança e atinjam os propósitos de manejo. O fogo é um fenômeno natural existente sobre a superfície terrestre e que muitas vezes tem influência direta no estabelecimento ou predominância de determinadas formações vegetacionais (SOARES, 1988). O fogo nada mais é que o fenômeno físico que pode liberar altas taxas de energia, resultante da rápida combinação entre o oxigênio e uma substância combustível qualquer, gerando chamas que produzem calor e luz. É considerado um dos agentes naturais que pode provocar danos à natureza, com papel destacado na eliminação de diferentes tipos de vegetação e fauna associada, assim como, na degradação do solo (SOARES, 1985).

A utilização do fogo pelo ser humano já ocorre há milhares de anos para diferentes finalidades, dentre outras, o preparo de alimentos, produção de energia e limpeza de terrenos pela queima da vegetação (MINEIRO, 2001). Quando foge ao seu controle (de forma intencional ou não) ou quando surge naturalmente, o fogo pode se propagar por diferentes tipos de vegetação, provocando o que a literatura denomina de incêndio florestal. Um incêndio florestal é definido como o fogo atingindo sem controle determinada vegetação que, dependendo da intensidade das chamas, pode se transformar num agente com alto poder destrutivo, afetando seriamente a integridade de ecossistemas (SOARES, 1982; GOMES, 2006). Soares e Santos (2003) descrevem o incêndio florestal como a livre ou descontrolada propagação do fogo em florestas ou outro tipo de vegetação, liberando energia e calor resultante da combustão. Para que ocorra um incêndio florestal, diferentes fatores estão envolvidos, sendo os mais importantes: o material combustível a queimar, a umidade deste material, as condições climáticas, a topografia e o tipo de vegetação. Cada um desses fatores pode contribuir de forma diferenciada no comportamento do fogo, dependendo da região e da época do ano em que o incêndio ocorre (TORRES, 2006). Nos dias atuais, a maioria dos incêndios florestais é de origem antrópica, seja de forma acidental ou intencional (RODRIGUES, 2009).

O combustível, composto pela biomassa vegetal disponível para a queima tem grande influência nos incêndios. Esta variável, segundo Rodrigues (2009),



apresenta variações no tempo e no espaço e a sua distribuição espacial vai influenciar na ignição e propagação do fogo. Para a autora, embora todos os fatores mencionados contribuam para a ocorrência de um incêndio florestal, a fonte de ignição é na verdade, a que mais preocupa especialistas em combates a incêndios florestais, podendo ser de origem natural ou humana. Ainda de acordo com a mesma autora, a maioria dos incêndios florestais (cerca de 90%) é de origem antrópica, podendo ser acidental ou intencional, e apenas uma pequena parcela de causas naturais. O descuido humano é assim responsável pela maioria dos incêndios florestais que atingem milhões de hectares de vegetação em todo o mundo, causando danos ecológicos e socioeconômicos. Esforços feitos ao longo de anos para o controle da incidência de incêndios florestais têm produzido poucos resultados, pelo fato do fogo ainda fazer parte da cultura de muitos povos e ser utilizado sem as devidas precauções (GOMES, 2006).

No Brasil, a ocorrência de incêndios em face à má utilização do fogo ainda é relativamente comum, principalmente no bioma do Cerrado. Incêndios também são registrados em outras formações fitogeográficas do país, principalmente durante as estações mais secas do ano, ou então, quando ocorrem estiagens prolongadas. Para Soares (1995) o fogo não deve ser visto apenas como um agente causador de danos, mas sim, um fenômeno que também pode trazer benefícios a determinados ecossistemas, desde que utilizado de forma correta por meio de queimas prescritas (controladas) que propiciem o manejo da vegetação sem comprometer os processos naturais de regeneração. Ao contrário de incêndios florestais que podem provocar vários danos à vegetação atingida, inclusive em florestas de grande porte, as queimas prescritas tem por objetivos a limpeza de terrenos ou manejo de florestas de forma a não comprometer a sobrevivência de árvores ou a regeneração de vegetação rasteira e arbustiva (SILVA; CABRAL; SCOPELI, 2004).

Difundidas pelo mundo, as queimas prescritas são comumente utilizadas em vários países, tendo como principal objetivo reduzir a carga de combustível superficial em áreas sujeitas a longos períodos de estiagem, diminuindo o perigo de incêndios de intensas proporções (FERNÁNDEZ; VEGA; FONTURBEL, 1997). Além disso, a queima controlada é utilizada para limpeza de terrenos para culturas agrícolas e florestais, para promover o controle de pragas e doenças e manejar a vegetação de campo. Nas queimas controladas, o fogo é confinado a uma área selecionada, sendo empregado em condições climáticas propícias à queima, de

forma que a taxa de propagação e a intensidade das chamas atinjam os objetivos de manejo que se pretende numa determinada vegetação (SOARES; BATISTA, 2007).

Para a realização de queimas controladas é importante que se tenha informações a respeito do comportamento do fogo sobre determinada vegetação. O comportamento do fogo é o resultado da interação entre o clima e as condições do combustível, topografia, técnica de queima e forma de ignição. É um conceito utilizado para descrever as principais características da combustão em um incêndio florestal ou uma queima. Refere-se também à forma como o material entra em combustão, como se desenvolvem as chamas, como o fogo se propaga e apresenta outros fenômenos. As variáveis que descrevem o comportamento do fogo são úteis para comparar queimas, para o planejamento da supressão e para avaliar os efeitos do fogo (SOARES; BATISTA, 2007). Segundo Souza, Soares e Batista (2003) estudos relacionados ao comportamento do fogo são importantes tanto para o manejo, como também, para o planejamento de operações de combate a incêndios, pois as informações obtidas possibilitam entender os fatores que têm um papel importante no início, propagação e dificuldade de extinção das chamas. Basicamente, as variáveis que descrevem o comportamento do fogo são: velocidade de propagação, comprimento e altura das chamas, intensidade, taxa de energia liberada e tempo de residência. Essas variáveis quantificam e caracterizam o comportamento do fogo, bem como controlam a dificuldade de extinção de qualquer incêndio (VEGA, 1996). Outras variáveis, como as temperaturas máximas alcançadas nas zonas de combustão e a altura de crestamento letal das chamas, além de descrever aspectos do comportamento do fogo, também são importantes de serem conhecidas, pois possibilitam estabelecer associações com o efeito produzido na vegetação de diferentes ecossistemas florestais (DE RONDE *et al.*, 1990).

Um dos usos mais comuns da queima controlada é para a renovação de pastagens. Essa prática teve início há milhares de anos, quando os primeiros pastores notaram que após a queima a vegetação se reestabelecia com mais nutrientes, o que beneficiava o desenvolvimento dos animais. A partir de então, pela sua facilidade e baixo custo, tornou-se uma prática rotineira utilizada no manejo de pastagens, sendo ainda utilizada em muitas regiões e países mundo a fora (SOARES, 1995). Segundo Pivello (2011), no território brasileiro, a maioria dos biomas está sujeito a queimas em maior ou menor escala, com o manejo da

vegetação sendo praticada especialmente em regiões dominadas por vegetação rasteira e de porte baixo, caso da savana (Cerrado) e da estepe (Campos).

No Paraná, a região dos Campos Gerais foi utilizada durante muitos anos para criação de bovinos, ovinos e equinos, sendo as pastagens manejadas por meio de queimas. Atualmente, muito embora essa atividade econômica tenha perdido força na região pela gradativa conversão dos campos em áreas de agricultura e silvicultura, a queima da vegetação campestre constitui ainda uma prática de manejo de pastagens em muitas fazendas da região. Mesmo sendo suscetível à queima, não há, no entanto, estudos a respeito do comportamento do fogo em queimas da vegetação nativa que a recobre essa região, bem como, da reação das plantas em relação ao fogo.

Em face desse desconhecimento, o objetivo geral desse estudo foi avaliar o comportamento do fogo em queimas controladas na vegetação da Estepe Gramíneo-Lenhosa no estado do Paraná, através de experimentos conduzidos na área da RPPN Caminho das Tropas no município de Palmeira, realizados em dois períodos do ano: pré-inverno (antes da ocorrência de geadas) e pós-inverno (após a ocorrência de geadas). Os objetivos específicos desse estudo foram: avaliar e comparar o comportamento do fogo em queimas controladas realizadas com tratamentos a favor e contra o vento em diferentes épocas do ano; avaliar os efeitos das variáveis meteorológicas e das características do material combustível sobre o comportamento do fogo; avaliar os efeitos das queimas sobre a regeneração da vegetação de campo através de monitoramento pós-queima; contribuir com informações sobre o comportamento do fogo para combate de incêndios florestais em vegetação de Estepe.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na área da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Caminho das Tropas (coordenadas centrais de 25°20'53" S e 49°47'39" O), município de Palmeira, região dos Campos Gerais do Paraná (ver capítulo 1, página 27).

### 2.2 REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

#### 2.2.1 Delimitação de área para realização dos experimentos

Para a realização dos experimentos, uma área de 50 m x 100 m (5.000 m<sup>2</sup>) foi delimitada na porção oeste da (FIGURA 1). A área escolhida apresentava terreno relativamente plano, o que proporcionou a realização das queimas sem que a declividade do terreno influenciasse no comportamento do fogo.

Com o propósito de fazer a comparação entre as características do fogo em queimas de vegetação da Estepe em dois períodos do ano, a área foi dividida em duas partes, sendo uma para a realização do experimento pré-inverno e outra para o pós-inverno. Em ambas as partes foram delimitadas parcelas com dimensões de 3 x 20 m (60 m<sup>2</sup>), dispostas no sentido predominante do vento na área de estudo. Para a delimitação das parcelas foi empregada roçadeira anexada à traseira de trator, conforme apresentado na Figura 2.

Tanto para a área do experimento pré-inverno como para o pós-inverno foram alocadas 20 parcelas. Para o experimento pós-inverno todas as parcelas foram queimadas. Para o experimento pré-inverno, no entanto, somente a metade (10) foi queimada. As intensas chuvas (altos índices pluviométricos) registradas nas semanas que antecederam as queimas provocaram a acumulação de água em parte da área (área mais baixa) onde foram delimitadas as parcelas, o que impossibilitou a queima destas. A localização das parcelas que foram queimadas nos dois experimentos é mostrada na Figura 3.

O primeiro experimento realizado foi no período pós-inverno, nas datas de 28 de setembro, 02 e 04 de outubro de 2012. O segundo foi no período pré-inverno, com as queimas sendo realizadas na data de 06 de julho de 2013.

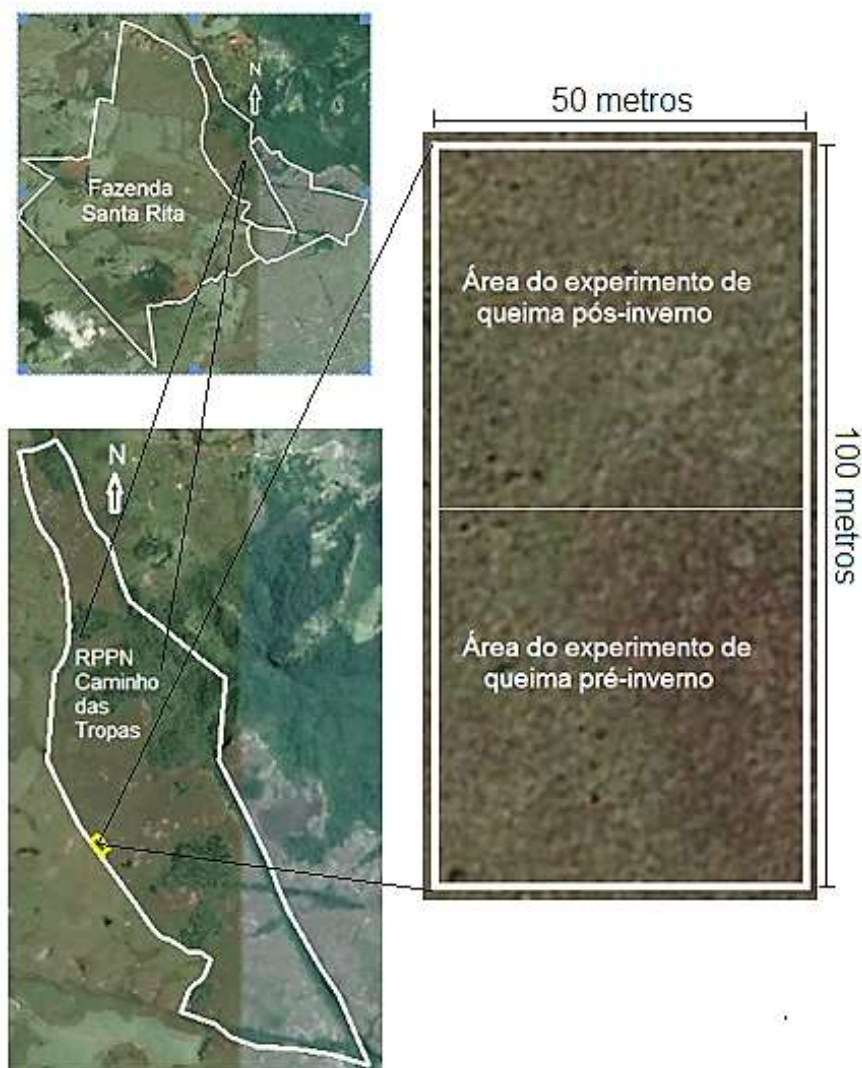


FIGURA 1 - Localização da área de realização dos experimentos de queimas na RPPN Caminho das Tropas

Fonte: Google Earth (2014), elaborada pelo autor



FIGURA 2 - Preparação das parcelas com o uso de roçadeira acoplada a trator.  
Fonte: o autor (2014)

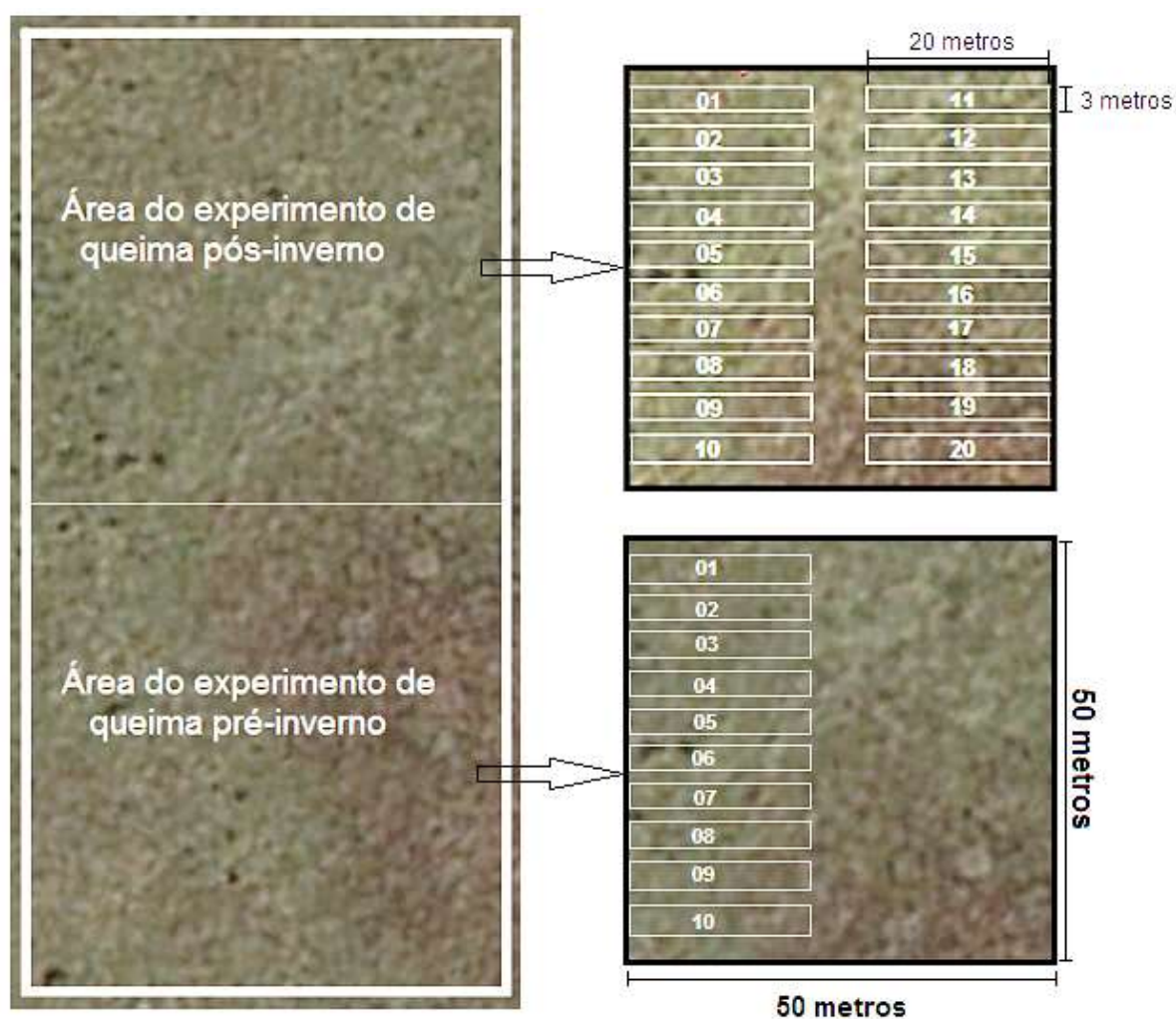


FIGURA 3 - Localização das parcelas queimadas nos experimentos pré e pós-inverno

Fonte: GoogleEarth (2014), elaborada pelo autor

### 2.2.2 Adoção de medidas de segurança



Para reduzir o perigo de perda de controle do fogo, os experimentos foram realizados entre os horários das 14h00min e 18h30min, período do dia em que as condições de tempo na área se apresentaram mais favoráveis às queimas, com redução da velocidade do vento e consequente diminuição dos riscos.

Também para evitar o alastramento do fogo na área de entorno dos experimentos, aceiros de 3 metros de largura foram feitos ao redor da área escolhida. Além dessa medida de prevenção, uma equipe de apoio composta por funcionários da fazenda e estagiários do Laboratório de Incêndios Florestais da UFPR acompanhou os experimentos, ficando de prontidão para entrar em ação com equipamentos manuais de combate a incêndios florestais no caso de uma possível perda de controle do fogo (FIGURA 4).



FIGURA 4 - Equipe de segurança portando equipamento para controle do fogo  
Fonte: o autor (2014)

### 2.2.3 Caracterização do material combustível

Previamente à realização das queimas foram retiradas de forma sistemática 3 amostras de material combustível (1, 10 e 19 m) ao longo da extensão longitudinal de todas as parcelas (FIGURA 5) para obtenção das seguintes informações: carga de material combustível local ( $\text{ton.ha}^{-1}$ ) e teor de umidade (%).



FIGURA 5 - Croqui de parcela mostrando a localização dos pontos de coletas para caracterização do material combustível

Fonte: Google Earth (2014), elaborada pelo autor

Para as coletas utilizou-se uma moldura quadrada de madeira com medidas de 20 x 20 cm ( $0,4 \text{ m}^2$ ) (FIGURA 6A). Em cada ponto de coleta, todo o material contido no interior da parcela (em pé e acamado) foi retirado (FIGURA 6B).

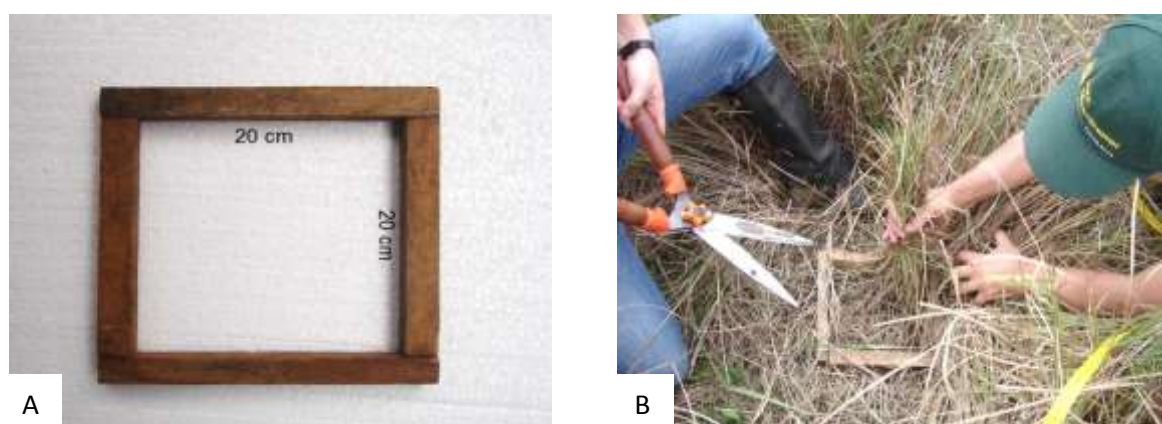


FIGURA 6 - Caracterização do material combustível. Moldura de madeira (A) utilizada para a coleta de material (B)

Fonte: o autor (2014)

Após coletado, o material foi imediatamente acondicionado em sacos plásticos bem vedados para evitar a perda de umidade (FIGURA 7A). Em seguida, foi levado ao Laboratório de Incêndios Florestais da UFPR onde foi submetido à secagem em estufas elétricas durante um período de 48 horas em temperatura constante de  $75 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (FIGURA 7B).





FIGURA 7 - Acondicionamento do material em sacos plásticos para transporte (A) e em sacos de papel para secagem em estufa no laboratório (B)  
Fonte: o autor (2014)

Após a secagem, fez-se a determinação do teor de umidade do material combustível utilizando-se a fórmula (BATISTA, 1990):

$$U\% = \left( \frac{M_f - M_s}{M_s} \right) * 100$$

Sendo:

U% = teor de umidade do material combustível em %;

M<sub>f</sub> = massa do material fresco no momento da coleta em grama;

M<sub>s</sub> = massa do material combustível seco em estufa em grama.

Com os valores do material seco das amostras determinou-se a carga de material (estado seco) por m<sup>2</sup> presente nas áreas delimitadas para a realização dos experimentos.

#### 2.2.4 Queimas das parcelas

Em ambos os períodos foram empregadas duas técnicas (tratamento) de queimas: a favor do vento e contra o vento. Dessa forma, metade das parcelas foram queimadas a favor e outra metade contra o vento nos dois experimentos. Para todas as parcelas foram efetuadas medições e observações referentes ao material combustível, às variáveis meteorológicas e ao comportamento do fogo. Nos dias em que foram realizadas as queimas, o sentido do vento permaneceu constante

(nordeste), propiciando uma padronização de queimas em relação à influência do vento.

Foram estabelecidos pontos de observações distantes 2 m entre si, fixando-se estacas de madeira de 1,20 m de altura (FIGURA 8A), no sentido longitudinal das parcelas, para monitoramento dos dados do comportamento do fogo. Em cada parcela foram realizadas 10 observações sobre as variáveis do comportamento do fogo, sempre por três pessoas, duas para observação e uma para registro dos dados em ficha de campo (FIGURA 8B).

Durante as queimas das parcelas foram feitas observações sobre as seguintes variáveis do comportamento do fogo, conforme procedimentos padrão adotados internacionalmente e recomendados por diversos autores (KUÇUK *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2006; GARNICA; GONZALEZ; SOLORIO, 2006; MCDONALD; MCPHERSON, 2011).

- a) velocidade de propagação – obtida visualmente, determinando-se o tempo necessário para a linha de fogo percorrer distâncias de 2 m, previamente demarcadas em cada parcela, no sentido do seu comprimento (20 m);
- b) altura das chamas – estimativa visual da altura média alcançada pelas chamas a cada 2 m de avanço da linha de fogo, com o auxílio de baliza graduada em centímetros.



FIGURA 8 - Demarcação dos pontos de observação com estacas de madeira (A) para anotação de dados (B)

Fonte: o autor (2014)

Para a ignição do combustível foi utilizado um lança-chamas do tipo “pinga-fogo”, marca Guarany contendo líquido inflamável composto de mistura de óleo diesel com gasolina, na proporção de 3 para 1 (FIGURA 9).



FIGURA 9 - Ignição do combustível com uso de pinga-fogo. Queima contra o vento (A) e a favor do vento (B)

Fonte: o autor (2014)

#### 2.2.5 Monitoramento das condições meteorológicas

Durante o período dos experimentos as variáveis meteorológicas foram monitoradas utilizando-se uma estação automática portátil Kestrel 4500 *Pocket Weather Tracker Station*, fixadas a uma estaca (FIGURA 10) à altura de 1,50 m em uma distância aproximada de 20 metros dos locais dos experimentos. Foram anotadas a velocidade média do vento ( $\text{m.s}^{-1}$ ), a temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e a umidade relativa do ar (%) sempre no início e no final da queima de cada parcela, sendo utilizada a média das duas leituras para aplicação nas análises do comportamento do fogo.

Dados complementares referentes às precipitações pluviométricas nos dias que antecederam as queimas foram obtidos da Fundação ABC do Paraná, com base em registros da estação meteorológica implantada na localidade de Rosário, município de Ponta Grossa, cujos resultados encontram-se à disposição para consulta no Website da Fundação (FUNDAÇÃO ABC, 2014).



FIGURA 10 - Leitura das variáveis meteorológicas com uso de estação automática Kestrel 4500 *Pocket Weather Tracker Station*  
 Fonte: o autor (2014)

#### 2.2.6 Determinação da intensidade do fogo e do calor liberado

As observações realizadas durante as queimas, juntamente com a caracterização do material combustível e a verificação das condições meteorológicas objetivaram determinar as variáveis apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis do material combustível, ambientais e do comportamento do fogo.

Variável	Descrição	Unidade
WCf	Material combustível antes da queima (média de 3 amostras/ parcela)	kg.m <sup>-2</sup>
WCc	Material combustível residual (média de 3 amostras/ parcela)	kg.m <sup>-2</sup>
Hch	Altura das chamas durante a queima (média de 10 observações por parcela)	m
T	Temperatura do ar no início da queima da parcela	°C
UR	Umidade relativa do ar no início da queima da parcela	%
r	Velocidade de propagação do fogo (média de 10 observações por parcela)	m.s <sup>-1</sup>
Vv	Velocidade do vento no início da queima da parcela	km.h <sup>-1</sup>
I	Intensidade do fogo (média de 10 observações por parcela)	kcal.m <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup>
H <sub>a</sub>	Calor liberado por unidade de área	kcal.m <sup>-2</sup>

Com base nos valores do poder calorífico, da velocidade média de propagação do fogo e da quantidade de material consumido em cada parcela, fez-se a estimativa da intensidade do fogo com base na equação de Byram (1959):

$$I = H \cdot w \cdot r$$

Onde:

I = intensidade do fogo em kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>

H = poder calorífico em kcal.kg<sup>-1</sup>;

w = massa do combustível consumido em kg.m<sup>-2</sup>;

r = velocidade de propagação do fogo em m.s<sup>-1</sup>.

Em relação ao poder calorífico utilizou-se o valor de 3875 kcal.kg<sup>-1</sup>, proposto por Griffin e Friedel (1984) para a vegetação de Campo. Como ocorre a redução do poder calorífico em razão do teor de umidade contido no material combustível em experimentos realizados em campo, fez-se a correção do poder calorífico (H) mediante a fórmula (SOARES; BATISTA, 2007):

$$H_w = H_d * \left( \frac{100 - \frac{u}{2}}{100 + u} \right)$$

Onde:

H<sub>w</sub> = poder calorífico do material combustível úmido em kcal.kg<sup>-1</sup>;

H<sub>d</sub> = poder calorífico do material combustível seco em kcal.kg<sup>-1</sup>;

u = teor de umidade do material combustível em %.

Além da intensidade do fogo, também foi feito o cálculo de calor liberado por unidade de área, utilizando-se a fórmula (SOARES; BATISTA, 2007):

$$H_a = H * w$$

Onde:

H<sub>a</sub> = calor liberado em kcal.m<sup>-2</sup>;

H = poder calorífico em kcal.kg<sup>-1</sup>;

w = massa do combustível consumido em kg.m<sup>-2</sup>.

#### 2.2.7 Coleta de material residual

Após a realização das queimas (FIGURA 11), fez-se em todas as parcelas a coleta do material residual (não consumido pelo fogo) ao lado dos pontos onde foram retiradas as amostras para a determinação da carga e do teor de umidade de material combustível. Para a coleta do material residual utilizou-se a moldura quadrada de madeira de  $0,4\text{ m}^2$ , padronizando-se as coletas pré e pós-queimas.

A coleta do material residual teve por objetivo verificar a quantidade de material combustível fresco não consumido pela passagem do fogo nos tratamentos de queimas empregados. Com esses valores determinou-se a eficiência de queima, definida pelo percentual de material consumido pelo fogo (SOARES; BATISTA, 2007).



FIGURA 11 - Parcela queimada contendo material residual  
Fonte: o autor (2014)

### 2.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Todos os dados obtidos referentes às variáveis ambientais, do material combustível e do comportamento do fogo foram processados em planilhas (Microsoft Office Excel 2007) e analisados com o *software* Statgraphics Centurion XV. Os testes estatísticos utilizados para análise e comparação dos dados foram: análise de variância e teste de comparação de médias Student-Newman-Keuls.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS ADEQUADAS PARA QUEIMAS

Experimentos de queima controlada devem levar em conta o fator segurança. Em vegetação campestre, a recomendação de vários autores é que as queimas sejam feitas em condições meteorológicas adequadas, que permitam a realização de experimentos com menor risco de perda de controle do fogo (FERNANDES; BOTELHO; LOUREIRO, 2002; SOARES; BATISTA, 2007; FERNANDES; LOUREIRO, 2010).

As queimas foram realizadas dentro dos parâmetros de segurança estabelecidos na literatura, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Prescrição de variáveis meteorológicas para queimas de vegetação de campos.

Variáveis meteorológicas	Ótimo	Mínimo	Máximo
Número de dias sem chuva	3 - 7	1	10
Temperatura do ar (°C)	8 - 20	5	25
Umidade relativa do ar (%)	30 - 70	20	85
Velocidade do vento (km.h <sup>-1</sup> )	5 - 15	1	20

Fonte: adaptado de Fernandes et al. (2002)

#### 3.2 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DOS EXPERIMENTOS

Os valores das leituras obtidas para as variáveis meteorológicas na data de realização do experimento pré-inverno para os tratamentos de queimas a favor e contra o vento são apresentadas na Tabela 3. Para o experimento pós-inverno, as leituras das variáveis estão apresentadas na Tabela 4.



Tabela 3 - Variáveis meteorológicas nos dias do experimento pré-inverno.

Parcela nº	Data da queima	Técnica de queima	Temperatura (°C)	UR (%)	Velocidade do vento (km.h <sup>-1</sup> )
01	05/07/2013	Contra	24,0	54,0	1,80
02	05/07/2013	Contra	23,8	55,0	1,50
04	05/07/2013	Contra	22,8	58,5	1,50
07	05/07/2013	Contra	21,0	61,5	1,00
08	05/07/2013	Contra	20,0	63,0	1,00
<b>Média</b>			<b>22,3</b>	<b>58,4</b>	<b>1,36</b>
03	05/07/2013	A favor	23,5	55,5	2,20
05	05/07/2013	A favor	22,7	59,0	3,00
06	05/07/2013	A favor	22,5	60,5	2,70
09	05/07/2013	A favor	19,5	67,0	4,00
10	05/07/2013	A favor	18,5	69,0	3,50
<b>Média</b>			<b>21,3</b>	<b>62,2</b>	<b>3,08</b>
<b>Média Geral</b>			<b>21,8</b>	<b>60,3</b>	<b>2,22</b>

Tabela 4 - Variáveis meteorológicas nos dias do experimento pós-inverno.

Parcela nº	Data da queima	Técnica de queima	Temperatura (°C)	UR (%)	Velocidade do vento (km.h <sup>-1</sup> )
03	28/09/2012	Contra	15,5	64,0	16,00
04	28/09/2012	Contra	13,2	76,0	17,80
09	02/10/2012	Contra	26,4	56,0	10,00
10	02/10/2012	Contra	27,3	54,0	8,50
14	02/10/2012	Contra	28,0	51,0	4,60
15	02/10/2012	Contra	27,0	55,0	8,80
16	02/10/2012	Contra	27,3	54,0	8,50
18	04/10/2012	Contra	22,0	71,0	7,80
19	04/10/2012	Contra	21,4	73,0	8,40
20	04/10/2012	Contra	22,7	67,0	7,20
<b>Média</b>			<b>22,6</b>	<b>62,1</b>	<b>9,76</b>
01	28/09/2012	A favor	17,9	58,0	13,20
02	28/09/2012	A favor	16,3	62,0	11,90
05	28/09/2012	A favor	11,7	81,0	19,80
06	28/09/2012	A favor	14,1	64,0	11,50
07	28/09/2012	A favor	11,6	82,0	18,50
08	02/10/2012	A favor	25,0	61,0	7,40
11	02/10/2012	A favor	23,5	63,0	3,80
12	02/10/2012	A favor	25,5	59,0	11,00
13	02/10/2012	A favor	27,7	51,0	9,50
17	04/10/2012	A favor	25,2	57,0	9,50
<b>Média</b>			<b>19,8</b>	<b>63,8</b>	<b>11,60</b>
<b>Média Geral</b>			<b>21,4</b>	<b>62,4</b>	<b>10,68</b>



As últimas chuvas antecedentes às queimas para este experimento pré-inverno foram registradas nos dias 29 e 30 de junho com 12,8 e 37,4 mm, e no dia 01 de julho de 2013 com precipitação pluvial de 1,8 mm (FUNDAÇÃO ABC, 2014).

Para o experimento pós-inverno, as últimas chuvas antecedentes às queimas ocorreram nos dias 20, 21 e 25 de setembro de 2012 com 0,6, 23,0 e 1,6 mm de precipitação pluvial (FUNDAÇÃO ABC, 2014).

Em relação às condições meteorológicas, as queimas do experimento pré-inverno foram realizadas após 5 dias da última chuva e as queimas do experimento pós-inverno após 4, 7 e 9 dias da última chuva. Ambos os experimentos foram realizados, portanto, dentro do período de dias adequado conforme valores prescritos na tabela 2. Um período de tempo menor do que 10 dias desde a última chuva é considerado relativamente seguro para queimas prescritas, pelo fato do grau do perigo de ocorrência de incêndios ainda não ter alcançado níveis críticos (SOARES; BATISTA, 2007).

Assim como verificado para a variável precipitação pluviométrica também em relação às demais variáveis meteorológicas (TABELAS 3 e 4) os experimentos foram realizados dentro de médias admissíveis para queimas controladas, de forma segura, conforme parâmetros indicados por vários pesquisadores (FERNANDES; BOTELHO; LOUREIRO, 2002; SOARES; BATISTA, 2007; FERNANDES; LOUREIRO, 2010) e mostrados na Tabela 2.

Com relação à temperatura do ar, a média registrada para o experimento pré-inverno foi de 21,8 °C e para o experimento pós-inverno, de 21,4 °C. Em ambos os experimentos, o valor médio da temperatura do ar apresentava condições adequadas para realização de queimas prescritas, cujos valores mínimo e máximo sugeridos são de 5 a 25 °C respectivamente. Quanto à umidade relativa do ar, os valores médios de 60,3% para o experimento pré-inverno e de 62,4% para o experimento pós-inverno estavam dentro da faixa considerada como ótima (30 a 70%). Para a variável velocidade do vento, os valores médios registrados de 2,22 km.h<sup>-1</sup> para o experimento pré-inverno e de 10,68 km.h<sup>-1</sup> para o pós-inverno também estão dentro da faixa considerada apropriada (mínimo de 1 e máximo de 20 km.h<sup>-1</sup>) para queimas prescritas.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL

As tabelas com os dados gerais (brutos) de caracterização do material combustível dos experimentos pré e pós-inverno são apresentadas no Apêndice 1. Os resultados referentes à carga, umidade e consumo de combustível em função da técnica de queima estão representados na Tabela 5.

Tabela 5. Médias das características e consumo de material combustível dos experimentos.

Caracterização do combustível	Experimento	Queima contra o vento			Queima a favor do vento		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Combustível total natural (kg.m <sup>-2</sup> )	Pré-inverno	2,72 <sub>b</sub>	1,23	4,48	2,35 <sub>a</sub>	1,59	4,18
	Pós-inverno	2,35 <sub>a</sub>	0,88	3,51	2,18 <sub>a</sub>	1,20	2,90
Teor de umidade do combustível (%)	Pré-inverno	74,60 <sub>a</sub>	52,00	92,19	86,46 <sub>b</sub>	60,61	115,83
	Pós-inverno	50,58 <sub>c</sub>	37,99	60,84	50,33 <sub>c</sub>	39,70	59,31
Combustível consumido (kg.m <sup>-2</sup> )	Pré-inverno	2,03 <sub>a</sub>	0,85	3,12	1,19 <sub>b</sub>	0,78	1,57
	Pós-inverno	1,84 <sub>c</sub>	0,62	2,83	1,69 <sub>c</sub>	0,88	2,41
Combustível consumido (%)	Pré-inverno	74,90 <sub>a</sub>	69,11	90,98	56,60 <sub>b</sub>	30,12	77,19
	Pós-inverno	76,97 <sub>a</sub>	71,18	81,44	76,76 <sub>a</sub>	70,17	82,53

Nota: Médias seguidas pela mesma letra nas colunas (comparação individualizada para cada característica do combustível entre as técnicas de queima contra e a favor do vento) não diferem entre si, pelo teste Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise estatística indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos para as cargas totais de combustível, no experimento pré-inverno. Também houve diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis de teor de umidade e consumo do combustível, no experimento pré-inverno.

Esta diferença mostra que a distribuição do material combustível não foi homogênea por toda a área de estudo, podendo ocorrer variações significativas em diferentes pontos, mesmo estando próximos um do outro. Em princípio, parece ser um padrão de distribuição em toda a área de estudo e, possivelmente, para toda a região de Estepe do Paraná, conforme verificado nos estudos para a determinação da carga de combustível (herbáceo e arbustivo) apresentados nos capítulos 2 e 3.

Quanto ao teor de umidade do material combustível, no experimento pré-inverno houve diferença significativa entre os valores obtidos para os dois tratamentos de queimas, que foi em média de 86,46% para as queimas a favor do vento, e de 74,60% nas queimas contra o vento. Estes valores também são

estatisticamente diferentes para os valores obtidos para o experimento pós-inverno, que apresentou a média de 50,33% e de 50,58% para as queimas a favor do vento e contra o vento, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os tratamentos de queimas no experimento pós-inverno, quando se comparou os teores médios de umidade do material combustível.

Para Soares e Batista (2007) o teor de umidade dos combustíveis florestais representa a variável mais importante para a sua inflamabilidade. Segundo Ribeiro (2009), a umidade do material combustível influencia diretamente na ignição e propagação das chamas, pois altos teores de umidade inibem a ignição, pelo fato de grande quantidade de calor ser requerida para elevar a temperatura da água até o ponto de evaporação e secagem do material.

O teor de umidade pode variar muito dependendo das condições meteorológicas verificadas no dia ou no período pré-queimas e também da época do ano (SOARES; BATISTA, 2007). A diferença significativa observada nos valores do experimento pré-inverno em relação ao do pós-inverno provavelmente teve relação com os altos índices de precipitações registradas nos 15 dias anteriores às queimas (205,8 mm), que foram bem maiores aos registrados no período que antecedeu as queimas do experimento pós-inverno (31,2 mm). A precipitação interfere tanto na combustão quanto na propagação dos incêndios florestais. Longos períodos de chuvas ou estiagens afetam o potencial de propagação do fogo, pois podem aumentar ou diminuir sensivelmente o teor de umidade do material vivo e morto influenciando diretamente no poder de ignição desses materiais. Índices pluviométricos mais altos provocam maior concentração de umidade no solo, que por sua vez pode transmitir mais umidade ao material combustível quando existe contanto entre ambos (RIBEIRO, 2009). A maior quantidade de chuvas nos dias anteriores à realização do experimento pré-inverno provocou maior encharcamento do solo na área, que assim transmitiu maior quantidade de umidade ao material combustível, especialmente para a miscelânea (material morto acamado), além de parte do material em pé que também se encontrava em contato com o solo.

Outro fator que certamente influenciou na diferença significativa do teor de umidade do material foi a relação entre a quantidade de material vivo e morto nos dois períodos do ano em que se realizaram os experimentos. No período pré-inverno (outono/inverno) a relação foi de aproximadamente 70% de morto para 30% de vivo. Já no período pós-inverno (inverno/primavera) essa relação foi de cerca de 85% de

material morto para 15% vivo. Em princípio, quanto maior a proporção de material vivo presente no complexo de combustível, maior é o teor de umidade geral do material. Quanto à diferença estatística verificada para os valores obtidos para os tratamentos a favor e contra o vento no experimento pré-inverno, esta pode estar ligada a dois fatores. O primeiro é a presença de maior quantidade de material vivo em pé e o segundo, maior teor de umidade do material acamado (miscelânea) devido à localização de algumas parcelas em solo mais encharcado decorrente das intensas chuvas registradas nos dias precedentes às queimas.

Embora, em média, o teor de umidade do material combustível tenha ficado em alguns casos muito acima da umidade de extinção, que varia entre 25 e 35% para a maioria dos combustíveis florestais (SOARES; BATISTA, 2007), a queima do material combustível em todas as parcelas (contra e a favor do vento) nos dois experimentos ocorreu normalmente, sem que houvesse, em nenhum momento, a extinção do fogo (Figura 12).

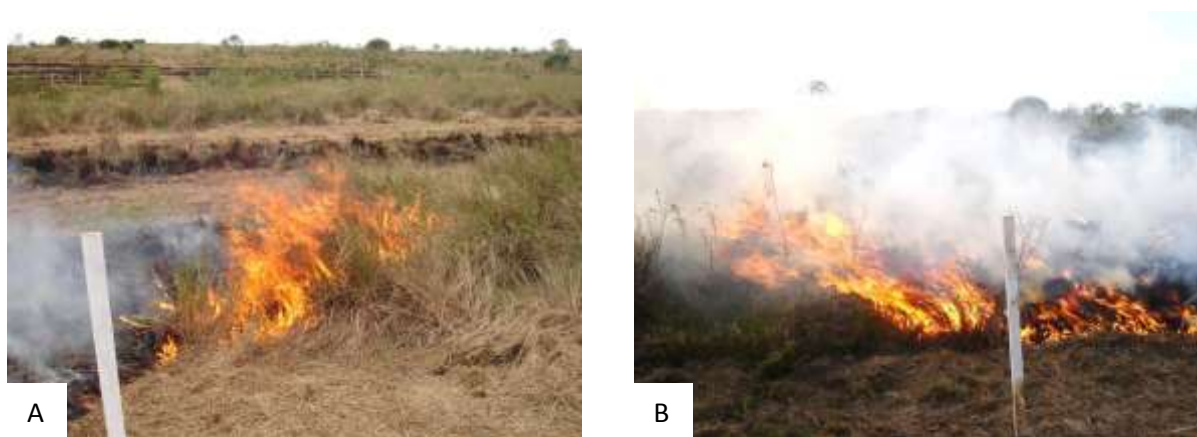


FIGURA 12 - Propagação do fogo: contra o vento (A) e a favor do vento (B)  
Fonte: o autor (2014)

Pode-se creditar isso pelo grande percentual de material morto, além do que, constituir-se basicamente de material fino ( $\leq 0,7$ ) que queima com facilidade, sendo assim classificado como material combustível perigoso (SOARES, 1985). Outras características que certamente influenciaram foram a quantidade, volume, densidade e o arranjo do material, que na área se apresentava espaçado e praticamente não acamado, conforme mostrado na Figura 13.



FIGURA 13 - Características do material combustível na área de realização dos experimentos

Fonte: o autor (2014)

Essas características do material combustível são importantes para uma queima, pois segundo Soares (1982) favorecem a ignição e a propagação das chamas. Além disso, as condições meteorológicas, em especial a ação do vento, possivelmente também influenciaram para que a queima ocorresse normalmente após a ignição do material combustível. Muito embora não tenha ocorrido a extinção do fogo em nenhuma das parcelas, a umidade do material influenciou na eficiência de queima (material consumido).

Comparando-se os teores de umidade do material combustível registrados nos dois experimentos deste estudo com resultados da literatura verifica-se que a média dos valores do experimento pré-inverno (80,53%) é bem diferente dos encontrados em fontes de referências consultadas. Já o valor obtido para o experimento pós-inverno (50,45%) pode ser considerado similar ao encontrado por Fidelis *et al.* (2010), que registraram valores entre 37,80 e 44,49% para o material combustível em experimento de queima realizado em área com vegetação de Campo na região de Porto Alegre - RS. Outros experimentos realizados em vegetação de campos, como o de Pivello e Coutinho (1992) em vegetação de Campos Cerrados no interior do estado de São Paulo, apresentaram teores de umidade do material combustível variando de 21 a 44%. Miranda, Silva e Miranda (1996), registraram variação de 8 a 23% de teor de umidade em material combustível fino ( $\leq 0,7$  cm) em vegetação de campo sujo de Cerrado na região de

Brasília. Neste experimento, os autores realizaram as queimas no período de estiagem da região central do Brasil, quando o índice de material morto é bem maior (mais de 70%) em relação ao vivo, apresentando assim baixos teores de umidade.

Quanto à quantidade de material consumido, também foram registradas diferenças quando feita a análise estatística. A variação no consumo de material combustível tem ligação direta com fatores meteorológicos, tipo de vegetação e a proporção entre o material vivo e morto (SOARES; BATISTA, 2007). Comparativamente, houve diferença significativa entre os resultados obtidos para os dois tratamentos de queima no experimento realizado no período pré-inverno, com valores de 1,19 kg.m<sup>-2</sup> e 2,09 kg.m<sup>-2</sup> para as queimas a favor e contra o vento, respectivamente. Além da diferença estatística entre si, esses resultados também apresentaram diferença significativa com os obtidos para o experimento pós-inverno, que foram de 1,69 e 1,84 kg.m<sup>-2</sup> a favor e contra o vento na sequência. Os resultados do experimento pós-inverno não apresentaram diferença estatística significativa entre si.

Em relação à eficiência de queima também não houve diferença estatisticamente significativa entre os resultados dos dois tratamentos de queima para o experimento pós-inverno que em média foi de 77% do material. Para o experimento pré-inverno, os resultados de 56,60 % para o tratamento de queima a favor do vento e de 74,90% para o contra o vento apresentaram diferenças estatísticas significativas. Observa-se que os valores obtidos para as queimas contra o vento nos dois experimentos (74,90% para o pré-inverno e 76,97% para o pós-inverno) foram muito similares (não apresentando diferença estatística significativa), ao contrário dos resultados das queimas a favor do vento, cujos valores de 56,60% e 76,76% são estatisticamente diferentes.

Em geral, duas condicionantes atuam diretamente para a eficiência de queima: a primeira, relacionada ao tipo de vegetação e suas características (diâmetro, arranjo e teor de umidade) e, a segunda, os fatores meteorológicos no momento da queima (SOARES; BATISTA, 2007). As diferenças verificadas para as duas técnicas de queima do experimento pré-inverno podem ser explicadas principalmente pelo estado fisiológico do material combustível fresco. O teor de umidade verificado para o material das parcelas que foram queimadas a favor do vento apresentou um valor 10% maior do que o material das parcelas queimadas contra o vento. Outros fatores como as condições meteorológicas apresentadas na

tabela 2 e a taxa de propagação do fogo e o calor liberado durante as queimas também podem ter influenciado nos resultados.

As médias da eficiência de queima obtidas para os experimentos foram de 65,75% para o pré-inverno e de 76,86% para o pós-inverno. Esses valores se encontram dentro de uma faixa de eficiência de queima para vegetação de Campo apresentada por diferentes autores. Levine (1996) observou que para queimas de vegetação herbácea de Campo e Savana, os valores podem variar de 65 a 95%. Estudos realizados na região da savana brasileira (Cerrado) apontaram valores de consumo de material combustível de 63 a 77% (PIVELLO; COUTINHO, 1992), 81 a 94% (MIRANDA; SILVA; MIRANDA, 1996), e de 88 a 94% (SILVA MARINHO, 2013). Para a vegetação de Estepe no Rio Grande do Sul, Fidelis *et al.* (2010) obtiveram valores respectivos de 93% e de 95% de material consumido em experimentos realizados em áreas de dois e de seis anos sem a ocorrência de queimadas.

### 3.4 COMPORTAMENTO DO FOGO

Os resultados do comportamento do fogo registrados para o experimento pré-inverno são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Comportamento do fogo do experimento pré-inverno.

Parcela	Queima em relação ao vento	Velocidade média de propagação do fogo ( $\text{m.s}^{-1}$ )	Altura média das chamas (m)	Intensidade média do fogo ( $\text{kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ )	Calor médio liberado ( $\text{kcal.m}^{-2}$ )
01	Contra	0,0186	0,62	73,953	5.754,20
02	Contra	0,0120	0,47	59,344	4.746,91
04	Contra	0,0239	0,81	35,865	1.498,85
07	Contra	0,0100	0,64	52,492	5.692,14
08	Contra	0,0106	0,86	38,143	3.604,50
<b>Média</b>		<b>0,0150</b>	<b>0,68</b>	<b>51,959</b>	<b>4.259,32</b>
01	A favor	0,0510	1,41	104,736	2.061,94
02	A favor	0,0391	1,44	103,359	2.618,88
03	A favor	0,0399	1,35	116,986	2.805,79
04	A favor	0,0841	1,78	205,089	2.439,75
05	A favor	0,0543	1,95	65,405	1.167,84
<b>Média</b>		<b>0,0536</b>	<b>1,59</b>	<b>119,115</b>	<b>2.218,84</b>
<b>Média geral</b>		<b>0,0343</b>	<b>1,13</b>	<b>85,537</b>	<b>3.239,08</b>

Para o experimento pré-inverno, a velocidade média de propagação do fogo nas parcelas queimadas contra o vento foi de  $0,0150 \text{ m.s}^{-1}$ , considerada uma

velocidade lenta (SOARES; BATISTA, 2007). A altura média das chamas foi de 0,68 m, a intensidade média do fogo de 51, 959 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> e o calor liberado de 4.259,32 kcal.m<sup>-2</sup>. Nas parcelas queimadas a favor do vento, a velocidade média foi de 0,0536 m.s<sup>-1</sup>, considerada uma velocidade média de propagação do fogo (SOARES; BATISTA, 2007). As chamas atingiram altura média 1,59 m, a intensidade média do fogo de 119,115 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> e o calor liberado de 2.218,84 kcal.m<sup>-2</sup>. A velocidade média geral de propagação do fogo do experimento pré-inverno foi de 0,0343 m.s<sup>-1</sup>, classificada como sendo uma taxa média de propagação do fogo (SOARES; BATISTA, 2007), enquanto que a altura média das chamas foi de 1,13 m. A intensidade média da frente do fogo atingiu 85,537 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>, com a liberação de calor atingindo média de 3.239,08 kcal.m<sup>-2</sup>.

Em relação ao experimento pós-inverno, os resultados do comportamento do fogo registrados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Comportamento do fogo do experimento pós-inverno.

Parcela	Queima em relação ao vento	Velocidade média de propagação do fogo (m/s)	Altura média das chamas (m)	Intensidade média da frente do fogo (kcal.m <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> )	Calor médio liberado (kcal.m <sup>-2</sup> )
03	Contra	0,0129	0,84	18,489	1433,29
04	Contra	0,0100	0,96	43,160	4307,42
08	Contra	0,0103	0,66	73,873	6323,38
09	Contra	0,0091	0,75	45,712	5028,94
10	Contra	0,0133	1,14	82,154	6172,38
14	Contra	0,0160	0,90	50,853	3075,36
15	Contra	0,0147	0,73	33,382	2278,65
16	Contra	0,0130	0,90	50,329	3886,43
19	Contra	0,0095	0,75	53,082	5605,26
20	Contra	0,0099	0,77	55,825	5623,48
<b>Média</b>		<b>0,0118</b>	<b>0,84</b>	<b>50,686</b>	<b>4373,46</b>
01	A favor	0,0565	1,03	217,185	3847,38
02	A favor	0,0372	1,07	168,782	4537,15
05	A favor	0,0271	1,56	62,504	2310,36
06	A favor	0,0347	1,25	133,146	3517,14
07	A favor	0,0455	1,35	167,934	3694,10
11	A favor	0,0666	1,45	372,958	5598,28
12	A favor	0,0321	1,07	92,227	2871,33
13	A favor	0,0638	1,41	322,419	5057,55
17	A favor	0,0801	1,59	364,727	4555,69
18	A favor	0,0471	1,53	203,424	4319,90
<b>Média</b>		<b>0,0491</b>	<b>1,34</b>	<b>210,310</b>	<b>4030,89</b>
<b>Média geral</b>		<b>0,0304</b>	<b>1,09</b>	<b>130,498</b>	<b>4202,17</b>

Neste experimento, a propagação do fogo nas parcelas queimadas contra o vento atingiu velocidade média de 0,0118 m.s<sup>-1</sup>, considerada uma velocidade lenta



(SOARES; BATISTA, 2007). A altura média das chamas foi de 0,84 m, a intensidade média do fogo de  $50,686 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$  e o calor liberado de  $4.373,46 \text{ kcal.m}^{-2}$ .

Para as parcelas queimadas a favor do vento foi registrada velocidade média de propagação do fogo de  $0,0491 \text{ m.s}^{-1}$ , considerada uma velocidade média de propagação (SOARES; BATISTA, 2007). As chamas apresentaram altura média 1,34 m, a intensidade média do fogo de  $210,310 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$  e o calor liberado de  $4.030,89 \text{ kcal.m}^{-2}$ .

Para o experimento pós-inverno, a média geral da taxa de propagação do fogo atingiu  $0,0304 \text{ m.s}^{-1}$ , classificada como sendo lenta (SOARES; BATISTA, 2007). A altura média das chamas foi de 1,09 m, com variações de 0,66 e 1,14 m no tratamento contra o vento e de 1,03 e 1,59 m no tratamento a favor do vento. A intensidade média da frente do fogo atingiu  $130,498 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ , e o calor liberado com média de  $4.202,17 \text{ kcal.m}^{-2}$ .

Observou-se que em ambos os experimentos de queima realizados, que os valores das variáveis do comportamento do fogo velocidade de propagação e altura das chamas atingiram valores coerentes indicados na literatura para queimas controladas, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Prescrição de variáveis de comportamento do fogo para queimas de vegetação de campos.

Comportamento do fogo	Ótimo	Mínimo	Máximo
Velocidade de propagação em $\text{m.s}^{-1}$	0,03 - 0,08	< 0,03	0,13
Comprimento das chamas em metro	1 - 4	< 1	5,5

Fonte: adaptado de Fernandes et al. (2002).

#### 3.4.1 Comparativo do comportamento do fogo entre os experimentos pré e pós-inverno

Os resultados da análise estatística relacionadas às médias gerais das variáveis do comportamento do fogo obtidas nos tratamentos de queima em cada experimento estão representados na Tabela 9.

Tabela 9 - Comportamento do fogo durante os experimentos de queima pré e pós inverno .

Variáveis do comportamento do fogo	Experimento	Queima contra o vento			Queima a favor do vento		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Velocidade de propagação ( $\text{m.s}^{-1}$ )	Pré-inverno	0,0150 <sub>a</sub>	0,0100	0,0239	0,0536 <sub>b</sub>	0,0391	0,0841
	Pós-inverno	0,0118 <sub>a</sub>	0,0091	0,0160	0,0491 <sub>b</sub>	0,0271	0,0801
Altura das chamas (m)	Pré-inverno	0,68 <sub>a</sub>	0,47	0,86	1,59 <sub>c</sub>	1,35	1,95
	Pós-inverno	0,84 <sub>b</sub>	0,66	1,14	1,34 <sub>d</sub>	1,03	1,59
Intensidade da frente de fogo ( $\text{kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ )	Pré-inverno	51,959 <sub>a</sub>	35,865	73,953	119,115 <sub>b</sub>	65,405	205,089
	Pós-inverno	50,686 <sub>a</sub>	18,489	82,154	210,310 <sub>c</sub>	62,504	372,958
Calor liberado ( $\text{kcal.m}^{-2}$ )	Pré-inverno	4259,32 <sub>a</sub>	1498,85	5754,20	2218,84 <sub>b</sub>	1167,64	2805,79
	Pós-inverno	4373,46 <sub>a</sub>	1433,29	6323,38	4030,89 <sub>a</sub>	2310,36	5598,28

Nota: médias seguidas pela mesma letra nas colunas (comparação individualizada para cada característica do combustível entre as técnicas de queima contra e a favor do vento) não diferem entre si, pelo teste Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Em ambos os experimentos verificou-se diferença estatística significativa entre médias de velocidade de propagação do fogo dos tratamentos de queima a favor e contra o vento. No experimento pré-inverno a média das queimas a favor do vento foi de  $0,0536 \text{ m.s}^{-1}$  e das queimas contra o vento foi de  $0,0150 \text{ m.s}^{-1}$ . No experimento pós-inverno as médias obtidas foram de  $0,0491$  e de  $0,0118 \text{ m.s}^{-1}$  para as queimas a favor e contra o vento, respectivamente.

Comparando-se as médias das queimas a favor do vento nos experimentos pré e pós-inverno apresentadas na Tabela 9, verifica-se que não houve diferença significativa na velocidade de propagação do fogo. O mesmo ocorreu com as médias de velocidade de propagação do fogo das queimas contra o vento. Esses resultados demonstraram que, mesmo os experimentos sendo feitos em diferentes épocas do ano, em condições meteorológicas e características diferenciadas do material combustível, a velocidade de propagação do fogo nas queima a favor do vento foi similar, o mesmo registrado para as queimas contra o vento.

Em ambos os experimentos as velocidades médias de propagação do fogo atingidas para as queimas contra o vento são consideradas como lentas, enquanto que, as verificadas para as queimas a favor do vento são consideradas como de velocidade média, de acordo com a classificação de Soares e Batista (2007). A queima controlada contra o vento é a técnica mais simples e segura a ser utilizada,

desde que exista vento constante, com velocidades entre 6 e 16 km.h<sup>-1</sup> para direcionar o fogo, como ocorreu nesse experimento.

Os valores obtidos das velocidades do fogo nas técnicas de queimas a favor e contra o vento neste estudo encontram-se dentro de uma faixa de velocidade de propagação do fogo em vegetação de Campos que, segundo a literatura, pode variar significativamente de acordo com as características do material combustível e das condições meteorológicas. Estudos realizados em diferentes partes do mundo demonstram as variações que podem ocorrer. Brown e Davis (1973) observaram em diversos experimentos de queima nos Estados Unidos da América que, na maioria das vezes, a velocidade de propagação em queimas contra o vento variou entre 0,009 e 0,018 m.s<sup>-1</sup>, valores muito similares aos observados neste experimento.

Pesquisas realizadas por Bidwell e Engle (1991) em queimas controladas realizadas em Pradarias no estado de Oklahoma nos Estados Unidos da América obtiveram a média de 0,110 m.s<sup>-1</sup>, com valores de 0,200 e 0,020 m.s<sup>-1</sup> para queimas a favor e contra o vento respectivamente. Fidelis *et al.* (2010) fazendo experimentos de queimas somente a favor do vento registraram 0,015 m.s<sup>-1</sup> e 0,013 m.s<sup>-1</sup>. Miranda, Silva e Miranda (1996) determinaram 0,385 m.s<sup>-1</sup> de velocidade média de propagação do fogo, com mínima de 0,13 a 0,64 m.s<sup>-1</sup> em queimas a favor do vento em vegetação de campo sujo de Cerrado. Todos os valores obtidos para as queimas a favor e contra o vento para os dois experimentos encontram-se dentro da faixa de propagação do fogo apresentados nas referências citadas.

A variável altura das chamas apresentou valores médios de 0,68 m no tratamento contra o vento e 1,59 m para o tratamento a favor do vento no experimento pré-inverno e de 0,84 e 1,34 m para as queimas contra e a favor do vento para o experimento pós-inverno. As alturas médias das chamas registradas para ambos os experimentos estão dentro da faixa registrada para vegetação de campos, que segundo Frost e Robertson (1987) geralmente fica entre 0,8 e 2,8 m.

A altura das chamas foi a variável que apresentou as maiores variações dentre todas as demais do comportamento do fogo analisadas. A análise estatística demonstrou que houve diferença significativa entre todas as médias obtidas para os dois experimentos. Essa diferença provavelmente foi consequência da velocidade do vento, que pode provocar alterações nas alturas das chamas, dependendo da intensidade deste e do tipo e arranjo do material que está sendo consumido. Outra variável que pode ter influenciado na determinação das alturas das chamas é a

quantidade (carga) de material combustível (FIGURA 14), que, distribui-se de forma bastante heterogênea na área de estudo, apresentando em determinados pontos maior acúmulo de material do que em outros.



FIGURA 14 - Diferentes alturas das chamas em queimas a favor do vento em consequência da quantidade de material combustível disponível à queima

Fonte: o autor (2014)

Muito embora com médias diferenciadas, as alturas das chamas registradas para as duas técnicas de queima utilizadas nos dois experimentos encontram-se dentro da faixa de segurança de condução de fogo em queimas controladas (ver na tabela 2, variáveis do comportamento do fogo), de acordo com Fernandes, Botelho e Loureiro (2002).

A intensidade do fogo também variou significativamente entre as queimas a favor e contra o vento nos dois experimentos. No experimento pré-inverno, as médias de  $119,11 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$  a favor do vento (com variação de 65,40 a 205,08  $\text{kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$  verificadas entre as queimas das parcelas) e de  $51,96 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$  contra o vento (variação de 35,83 e 73,95  $\text{kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ ), são valores que apresentam diferença significativa, o mesmo ocorrendo para o experimento pós-inverno que apresentou média de  $210,31 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$  a favor do vento e de  $50,69 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$  contra o vento. Quando comparados os resultados das técnicas de queima empregadas entre os dois experimentos verifica-se que nas queimas contra o vento os valores de 51,96 e 50,69  $\text{kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$  não diferem entre si significativamente. Ao contrário os valores das queimas a favor do vento de 119,11 e 210,31  $\text{kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ , apresentam estatisticamente diferenças significativas. Essa diferença provavelmente

se deve à influência da variável umidade do material combustível, que foi maior nas parcelas queimadas a favor do vento no experimento pré-inverno (86,46%) em relação às parcelas queimadas no experimento pós-inverno que foi de 50,33%.

De acordo com a literatura, a intensidade do fogo em queimas de vegetação de campos pode variar bastante tanto a favor como contra o vento. A favor do vento, Bidwell e Engle (1990) para a região de pradarias do centro-oeste dos Estados Unidos, obtiveram valores de intensidade variando entre 17,93 e 663,96 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>. Miranda, Silva e Miranda (1996), registraram valores entre 299,99 e 3.405,95 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> e média de 995,33 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> numa área de vegetação de Cerrado nas proximidades de Brasília. Fidelis *et al.* (2010) determinaram médias de 22,35 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> para uma área com queima frequente e de 42,79 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> para uma área com mais de cinco anos sem queima. Em queimas realizadas contra o vento, Bidwell e Engle (1991) determinaram um valor médio de intensidade do fogo de 23,18 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>, com variação de 7,41 a 34,89 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> para as pradarias norte-americanas. Num levantamento de estudos realizados por autores em vegetação de Campo de vários países, Fidelis *et al.* (2010) citam, sem especificar as técnicas de queimas empregadas, os seguintes valores: 36,06 a 2.200,72 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> para a Savana australiana; 23,64 a 273,95 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> para os Campos Limpos da Austrália; 7,40 a 2.813,12 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> para a Pradaria dos Estados Unidos; 6,68 a 4.276,53 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> para a Savana africana; 95,06 a 112,73 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> para a Savana baixa da Venezuela; 46,09 a 538,11 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> para a Savana alta venezuelana, 10,27 a 265,59 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> para as áreas pantanosas (Charnechas) da Escócia e 678,80 a 3.916,59 kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> para o cerrado brasileiro.

De acordo com Soares e Batista, (2007) o cálculo da intensidade do fogo por meio da equação de Byram (1959) tem sido muito útil para a avaliação do comportamento do fogo, podendo servir de índice de referência para se visualizar e comparar as taxas de energia liberadas por diferentes tipos de queimas e/ou incêndios.

Em relação ao calor liberado por unidade de área, os valores médios obtidos foram de 2.218,84 kcal.m<sup>-2</sup> para as queimas a favor do vento e de 4.259,32 kcal.m<sup>-2</sup> nas queimas contra o vento do experimento pré-inverno, e de 4.030,88 kcal.m<sup>-2</sup> e 4.373,45 kcal.m<sup>-2</sup> nas queimas a favor e contra o vento do experimento pós-inverno. Miranda *et al.* (1996) encontraram valores de 1.999,85 a 3.405,94 kcal.m<sup>-2</sup>, em experimento de queima realizado a favor do vento em vegetação de Cerrado

(Savana), valores considerados pelos autores como sendo muito próximos aos determinados para as savanas africanas.

O calor liberado é considerado uma importante variável do comportamento do fogo, pois serve de parâmetro na avaliação dos efeitos do fogo sobre o solo e sobre a emissão de partículas na atmosfera (SOARES; BATISTA, 2007).

Com relação à análise comparativa dos resultados registrados para os dois experimentos, apenas o valor das queimas a favor do vento do experimento pré-inverno ( $2218,84 \text{ kcal.m}^{-2}$ ) apresenta diferença estatística significativa em relação aos demais. O baixo valor de calor liberado verificado para as queimas a favor do vento do experimento pré-inverno certamente foi um reflexo da quantidade do teor de umidade do material combustível que provocou a diminuição do poder calorífico (H) desse, o que culminou na baixa quantidade de material consumido (com eficiência de queima de apenas 56,60% da carga de material combustível disponível). Além disso, a propagação das chamas de  $0,0536 \text{ m.s}^{-1}$  foi a mais alta entre as quatro análises. Geralmente, quanto maior a velocidade de propagação do fogo, menor é a quantidade de energia dirigida para as camadas internas do solo. Ao contrário, quanto mais lenta a propagação do fogo, maior é a quantidade de energia concentrada nesse local. Os maiores valores de calor liberado observados nas queimas contra o vento, quando comparados com a queima a favor do vento, são devidos à menor velocidade de propagação nesse tipo de queima.

Assim como aconteceu para a variável intensidade do fogo, também os valores obtidos para o calor liberado foram muito similares nas queimas realizadas contra o vento ao se comparar os resultados dos dois experimentos. Os valores de  $4259,32$  e  $4373,45 \text{ kcal.m}^{-2}$  não apresentam diferenças significativas, demonstrando que as queimas realizadas contra o vento, além de mais seguras, apresentam resultados mais uniformes do que as queimas a favor do vento.

## 4 CONCLUSÕES

Considerando-se que as queimas controladas foram realizadas dentro dos limites das condições ambientais e meteorológicas recomendadas na literatura, pode-se concluir que:

As queimas controladas em vegetação de estepe realizadas dentro dos critérios estabelecidos de planos de queima são viáveis e seguras sob o ponto de vista de perigo de incêndios;

As características das variáveis do comportamento do fogo para os tratamentos de queimas a favor e contra o vento foram similares aos verificados em experimentos de queima em vegetação de estepe e savana de outras regiões do Brasil e do mundo;

Os parâmetros intensidade, velocidade de propagação, calor liberado e altura das chamas puderam ser quantificados com facilidade e certa precisão, permitindo descrição adequada do comportamento do fogo;

Os valores do comportamento do fogo observados neste estudo são compatíveis com a maioria dos resultados verificados em pesquisas similares realizadas em outras regiões e são fundamentais para avaliar os efeitos do fogo na dinâmica da vegetação pós-fogo em vegetação de estepe;

As queimas realizadas contra o vento apresentaram na maioria das variáveis do comportamento do fogo valores sem diferença estatística significativa, ao contrário do verificado para as queimas a favor do vento.

A queima contra o vento apresentou maior eficiência e baixa velocidade de propagação do fogo, podendo esta técnica ser em princípio, a recomendada para o manejo da vegetação de estepe com objetivo de redução de material combustível.

## REFERÊNCIAS

- BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 1990.
- BEUTLING, A.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Fire behavior modeling based on simulated field plots. **Forest Fire**, London, v. 158, p. 27 - 37, 2012.
- BIDWELL, T. G.; ENGLE, D. M. Behavior of headfires and backfires on tallgrass prairie. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FIRE AND ENVIRONMENT: ECOLOGICAL AND CULTURAL PERPECTIVES, 1991, Knoxville. **Annals...** Knoxville, USDA Forest Service, p. 344 - 350, 1991.
- BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. **Forest Fire Control and Use**. 2° ed. New York, NY: McGraw-Hill Book company, 1973.
- BYRAM, G. M. Combustion of forest fuels. In: DAVIS, K. P. (ed.). **Forest fire: control and use**. New York: Mc Graw Hill, p. 77 - 84, 1959.
- DE RONDE, C.; GOLDAMMER, J. G.; WADE, D. D.; SOARES, R. V. Prescribed fire in industrial plantations. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.) **Fire in the tropical biota: ecosystem processes and global challenges**. Berlin: Springer-Verlag, p. 216 - 272, 1990.
- FERNANDES, P.; LOUREIRO, C. **Handbook to plan and use prescribed burning in Europe**. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2010.
- FERNANDES, P.; BOTELHO, H.; LOUREIRO, C. **Manual de formação para a técnica do fogo controlado**. Vila Real: UTAD, 2002.
- FERNÁNDEZ, C.; VEGA, J. A.; FONTURBEL, T. Shrub resprouting response after fuel reduction treatments: comparison of prescribed burning, clearing and mastication. **Journal of Environmental Management**, v. 117, p. 235 - 241, 2013.
- FIDELIS, A.; DELGADO-CARTAY, M. D.; BLANCO, C. C.; MÜLLER, C. S.; PILLAR, V. D.; PFADENHAUER, J. Fire intensity and severity in brazilian campos grassland. **Interciencia**, Caracas, v. 35, n. 10, p. 739 - 745, 2010.
- FROST, P. H. G.; ROBERTSON, F. The ecological effects of fire in savannas. In B. H. Walker (Ed.). **Determinants of Tropical Savannas**, Oxford, p. 93 - 141, 1987.
- FUNDAÇÃO ABC. **Sistema de monitoramento agrometeorológico**. Disponível em: <<http://sma.fundacaoabc.org.br/monitoramento/grafico/diario>>. Acesso em: 15/04/2014.
- GARNICA, J. G. F., GONZALEZ, D. A. M.; SOLORIO, J. D. B. Forest fire behavior in prescribed burns under different environmental conditions in México. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 234, n. 1, 2006.



GOMES, J. F. Forest fires in Portugal: how they happen and why they happen. **International Journal Environmental Studies**, UK, v. 63, n. 2, p. 109 - 119, 2006.

GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com>. 2014.

GRIFFIN, G. F.; FRIEDEL, M. H. Effects of fire on central Australian rangelands I: fire and fuel characteristics and changes in herbage and nutrients. **Australian Journal of Ecology**, Carlton, v. 9, n. 4, p. 381 - 393, 1984.

KUÇUK, O.; BILGILI, E.; SAGLAM, B.; BASKAYA, S.; DINÇ DURMAZ, B. Some parameters affecting fire behavior in anatolian black pine slash. **Turk J Agric For**, Ankara, v. 32, p. 121 - 129, 2008.

LEVINE, J. S. Biomas burning in South America, Southeast Asia, and temperate and boreal ecosystems, and the oil fires of Kuwait. **Biomass burning and global change**, Cambridge, v. 2, p. 561 - 568, 1996.

MCDONALD, C. J.; MCPHERSON, G. R. Fire behavior characteristic of buffelgrass-fueled and native plant community composition in invaded patches. **Journal of Arid Environments**, Trelew, v. 75, p. 1147 - 1154, 2011.

MINEIRO, P. Incêndios ameaçam a biodiversidade. **Revista Brasileira de Ecologia e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, n. 97, p. 2 - 23, 2001.

MIRANDA, H. S.; ROCHA E SILVA, E. P.; MIRANDA, A. C. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. de S. (Org.) **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: UnB - ECL, p. 1 - 10, 1996.

PIVELLO, V. R. The use of fire in the cerrado and amazonian rainforests of Brazil: past and present. **Fire Ecology**, USA, v. 7, n. 1, p. 24 - 39, 2011.

PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (brazilian savanna). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 8, n. 4, p. 487 - 497, 1992.

RIBEIRO, G. A. A QUEIMA CONTROLADA NO MANEJO DO FOGO. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S (Org.). **INCENDIOS FLORESTAIS NO BRASIL: O ESTADO DA ARTE**. Curitiba, 2009.

RIBEIRO, G. A.; LIMA, G. S.; OLIVEIRA, A. L. S.; CAMARGOS, V. L.; MAGALHÃES, M. U. Eficiência de um retardante de longa duração na redução da propagação do fogo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p.1025-1031, 2006.

RODRIGUES, M. M. T. **Integração das Variáveis de Natureza Social na Avaliação do Risco de Incêndio Florestal na Região de Trás-os-Montes e Alto Douro**. 108 f. Dissertação (Mestrado no curso de Gestão e Conservação da Natureza) - Universidade dos Açores – Portugal, 2009.

SILVA, A. S.; CABRAL, J. B. P; SCOPELI, I. Incêndios em vegetação entre os anos de 2000 e 2002, nas propriedades rurais limítrofes às rodovias pavimentadas no município de Jataí-GO. **Revista Geoambiente**, Jataí, n. 2, p. 1 - 20, 2004.

SILVA MARINHO, M. da. **Efeito do Fogo Anual na Mortalidade e no Banco de Sementes de *Andropogon gayanus* (Kunth) e *Melinis minutiflora* (Beauv) no Parque Nacional de Brasília**. 85 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Departamento de Ecologia) Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SOARES, R. V. **Prevenção e controle de incêndios florestais**. Curitiba: FUPEF, 1982.

SOARES, R. V. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF, 1985.

SOARES, R. V. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1984 a 1987. Curitiba: **Revista Floresta**, Curitiba, v. 25, p. 94 - 121, 1988.

SOARES, R. V. Queimadas controladas: prós e contras. In: FÓRUM NACIONAL SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 1, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 1995, p. 6 - 10.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba, 2007.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Floresta**, Curitiba: vol. 32, nº 2, p. 219 - 232, 2003.

SOUZA, L. J. B; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Modelagem do material combustível superficial em povoamentos de *Eucalyptus dunnii*, em Três Barras, SC. **Cerne**, Lavras, v. 9, p. 231 - 245, 2003.

TORRES, F. T. P. Relações entre fatores climáticos e ocorrências de incêndios florestais na cidade de Juiz de Fora (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 7 n. 18, p. 162 - 171, 2006.

VEGA, J. A. Investigacion sobre control de incendios en España. In: REUNIÃO TÉCNICA CONJUNTA FUPEF/SIF/IPEF, 4 - CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 2, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1996, p. 40 - 56.

## APÊNDICES

## APÊNDICE 1

Tabela 10 - Caracterização do material combustível do experimento pré-inverno.

Parcela	Técnica de queima	Material combustível fresco ( $\text{kg.m}^{-2}$ )	Massa de material seco ( $\text{kg.m}^{-2}$ )	Teor médio de umidade (%)	Material combustível consumido ( $\text{kg.m}^{-2}$ )	Porcentual de combustível consumido (%)
01	Contra o vento	4,48	2,56	75,00	3,12	69,64
02	Contra o vento	2,78	1,55	79,35	1,98	71,22
04	Contra o vento	1,23	0,64	92,19	0,85	69,11
07	Contra o vento	2,66	1,75	52,00	2,42	90,98
08	Contra o vento	2,46	1,41	74,47	1,81	73,58
<b>Média</b>		<b>2,72</b>	<b>1,58</b>	<b>74,60</b>	<b>2,09</b>	<b>74,90</b>
03	Favor do vento	1,69	0,94	79,79	1,08	63,91
05	Favor do vento	1,59	0,99	60,61	1,18	74,21
06	Favor do vento	1,71	1,03	66,02	1,32	77,19
09	Favor do vento	4,18	1,99	110,05	1,57	37,56
10	Favor do vento	2,59	1,20	115,83	0,78	30,12
<b>Média</b>		<b>2,35</b>	<b>1,23</b>	<b>86,46</b>	<b>1,19</b>	<b>56,60</b>
<b>Média Geral</b>		<b>2,53</b>	<b>1,41</b>	<b>80,53</b>	<b>1,64</b>	<b>65,75</b>

Tabela 11 - Caracterização do material combustível do experimento pós-inverno.

Parcela	Técnica de queima	Material combustível fresco ( $\text{kg.m}^{-2}$ )	Massa de material seco ( $\text{kg.m}^{-2}$ )	Teor médio de umidade (%)	Material combustível consumido ( $\text{kg.m}^{-2}$ )	Porcentual de combustível consumido (%)
03	Contra o vento	0,88	0,57	55,16	0,62	71,18
04	Contra o vento	2,15	1,44	48,80	1,78	81,44
08	Contra o vento	3,51	2,16	58,98	2,83	80,02
09	Contra o vento	2,85	1,83	55,28	2,19	79,94
10	Contra o vento	3,38	2,10	57,44	2,73	80,67
14	Contra o vento	1,94	1,20	60,84	1,40	73,88
15	Contra o vento	1,16	0,85	37,99	0,86	71,81
16	Contra o vento	1,95	1,40	40,06	1,49	72,44
19	Contra o vento	2,80	1,98	40,33	2,15	77,45
20	Contra o vento	2,95	1,95	50,92	2,36	80,91
<b>Média</b>		<b>2,35</b>	<b>1,55</b>	<b>50,58</b>	<b>1,84</b>	<b>76,97</b>
01	Favor do vento	1,87	1,29	45,11	1,54	79,86
02	Favor do vento	2,48	1,57	59,31	2,04	81,20
05	Favor do vento	1,20	0,86	39,70	0,88	72,76
06	Favor do vento	2,03	1,40	52,22	1,49	73,25
07	Favor do vento	1,77	1,23	43,77	1,46	82,53
11	Favor do vento	2,90	1,85	53,75	2,41	80,38
12	Favor do vento	1,76	1,11	58,84	1,29	72,60
13	Favor do vento	2,91	1,78	56,56	2,22	77,41
17	Favor do vento	2,50	1,73	41,21	1,76	70,17
18	Favor do vento	2,39	1,57	52,84	1,84	77,45
<b>Média</b>		<b>2,18</b>	<b>1,43</b>	<b>50,33</b>	<b>1,69</b>	<b>76,76</b>
<b>Média geral</b>		<b>2,27</b>	<b>1,49</b>	<b>50,45</b>	<b>1,77</b>	<b>76,86</b>

## **CAPÍTULO 5**

### **MONITORAMENTO DO INCREMENTO DA BIOMASSA AÉREA DA VEGETAÇÃO APÓS REALIZAÇÃO DE QUEIMA CONTROLADA**

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Heringer e Jaques (2002), os campos naturais da América do Sul teriam evoluído sobre diferentes distúrbios, em especial pela herbivoria e pela ação do fogo. Dentro desta evolução, tudo indica que muitas plantas desenvolveram características anatômicas, fisiológicas e comportamentais que facilitam a combustão da parte aérea, mas não da parte subterrânea, sobressaindo-se estas na competição e eliminação de outras plantas menos tolerantes às queimas periódicas.

Nos dias atuais, a utilização do fogo como elemento de manejo da vegetação de campos (savana e estepe) ainda é um assunto polêmico no meio científico e na sociedade em geral. No entanto, representa uma realidade em diferentes regiões do Brasil (CARDOSO *et al.*, 2003). A polêmica reside nas alterações que o fogo provoca no solo e na comunidade vegetal no período pós-queima.

Pesquisas voltadas à análise da produção primária (incremento de biomassa) após as queimas em ecossistemas de campos brasileiros são escassos, portanto, existindo poucas fontes de referências na literatura para embasar estudos com tal objetivo. Em sua maioria, os poucos estudos disponíveis na literatura ligados ao manejo de pastagens com a utilização do fogo (BRÂNCIO *et al.*, 1997; DAMÉ *et al.*, 1997; EVANGELISTA *et al.*, 1999; RODRIGUES, 1999; CARDOSO *et al.*, 2000a, 2000b; 2003; REDIN *et al.*, 2001; HERINGER; JAQUES, 2002; SANTOS *et al.*, 2003; MOURA ZANINI; DINIZ, 2006; COSTA, 2010; MENDES *et al.*, 2010), tiveram por objetivo verificar os efeitos do fogo sobre a diversidade de espécies e, mais especificamente, sobre a perda de nutrientes do solo, essenciais à manutenção da qualidade dos pastos para manutenção de rebanhos. Em se tratando de estudos voltados especificamente à vegetação de Estepe Gramíneo-Lenhosa, não há relatos na literatura. Dessa forma, estudos com objetivos de avaliar a regeneração da vegetação da Estepe Gramíneo-Lenhosa são importantes para o conhecimento da dinâmica ecológica desta formação fitogeográfica quando submetido ao manejo pelo fogo.

De maneira em geral, os efeitos do fogo sobre os ambientes de campo dependem de vários fatores, dentre outros: das condições meteorológicas no momento da queima, do tipo de solo da área, da frequência de queimas, da quantidade de combustível disponível que determina a intensidade do fogo e da

duração da queima e da época do ano em que ocorre a queima (BATMANIAN, 1983; RODRIGUES, 1999). Cardoso *et al.* (2003) descrevem que áreas queimadas na época adequada tendem a apresentar rápida regeneração da vegetação e com incremento acelerado de biomassa. Segundo os autores, essas áreas geralmente atingem em pouco tempo a mesma carga de material de outras que não sofreram a ação do fogo. Por outro lado, os autores também relatam que quando as queimas ocorrem em período não propício, como, por exemplo, na época quando as plantas se encontram em fase de crescimento e rebrota natural, a regeneração pode ser prejudicada e apresentar redução de incremento de biomassa em face dos efeitos do fogo sobre a brotação.

Nos ecossistemas propensos ao fogo, a velocidade de propagação das chamas e as temperaturas do ar e do solo acabam influenciando decisivamente na regeneração e na composição da vegetação. Além disso, pode influenciar na dinâmica do banco de sementes (HERINGER; JAQUES, 2002). De acordo com Whelan (1997), o fogo pode interferir no processo de germinação, sobrevivência, regeneração e reprodução de comunidades vegetais. A regeneração das plantas tem relação direta com a capacidade intrínseca de reação de cada espécie (CARMO *et al.*, 2007), dependendo das adaptações morfofisiológicas que apresentam para suportar o calor do fogo, determinando a resistência, regeneração ou sobrevivência destas (COUTINHO, 1977). Segundo Coutinho (1990) o fogo influencia no aparecimento de uma flora indicadora, pois atua como um elemento seletivo àquelas plantas mais resistentes, que geralmente utilizam reservas armazenadas no sistema radicular.

Esta pesquisa teve por objetivo realizar um acompanhamento da regeneração pós-queima da vegetação de Estepe Gramíneo-Lenhosa na área da RPPN Caminho das Tropas. Para tanto foi realizado um monitoramento do incremento da biomassa (seca) aérea da vegetação após realização de queima. Os resultados obtidos podem contribuir com informações a respeito do incremento de material combustível (biomassa seca) para a região Estepe Gramíneo-Lenhosa do estado do Paraná, após a realização de queimadas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na área da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Caminho das Tropas, com descrição apresentada no capítulo 1.

A área de monitoramento corresponde às parcelas submetidas ao experimento de queimas pós-inverno, conforme mostrado na figura 3 do capítulo 4.

### 2.2 AMOSTRAGENS PARA DETERMINAÇÃO DO INVCREMENTO DE BIOMASSA VEGETAL

Para a coleta do material empregou-se a moldura de madeira de 20 x 20 cm (0,04 m<sup>2</sup>) (FIGURA 1), que também foi utilizada para a determinação da carga de material combustível antes da realização das queimas (ver capítulo 4 pagina 124).



FIGURA 1 - Coleta de material para monitoramento de incremento de biomassa vegetal

Fonte: o autor (2014)

O período de monitoramento foi de um ano subsequente à realização das queimas, com as coletas sendo realizadas bimestralmente nas seguintes datas: 04 de dezembro de 2012 e 06 de fevereiro, 07 de abril, 04 de junho, 05 de agosto e 06 de outubro de 2013. As coletas foram realizadas sempre com um período mínimo de



dois dias após as últimas chuvas, quando houve a ocorrência destas na data prevista para a coleta.

Em todas as datas foram feitas coletas de material em três pontos distribuídos sistematicamente nos espaços onde tinham sido plotadas as parcelas para as queimas contra e a favor do vento. A distância (em metros) dos três pontos de coletas do início das parcelas nas diferentes datas de coletas é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Distanciamento dos pontos do início das parcelas para as datas das coletas.

Coleta	Data da coleta	Distância do início da parcela (m)		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
1	04/12/2012	2	8	14
2	06/02/2013	3	9	15
3	07/04/2013	4	10	16
4	04/06/2013	5	11	17
5	05/08/2012	6	12	18
6	06/10/2012	7	13	19

### 2.3 DETERMINAÇÃO DA MASSA SECA E TEOR DE UMIDADE DO MATERIAL

Após as coletas, todas as amostras de material foram acondicionadas em sacos plásticos bem vedados para evitar a perda de umidade. Em seguida foram levadas ao Laboratório de Incêndios Florestais da UFPR para determinação da massa em estado fresco (natural) e para secagem em estufa com temperatura constante de 75 °C por 48 horas.

Após a secagem, fez-se a determinação do teor de umidade do material combustível através da fórmula (BATISTA, 1990):

$$U\% = \left( \frac{M_f - M_s}{M_s} \right) * 100$$

Onde:

U% = teor de umidade do material combustível em %;

M<sub>f</sub> = massa do material fresco no momento da coleta em grama;

M<sub>s</sub> = massa do material combustível seco em estufa em grama.

Com os valores do material seco, fez-se o cálculo para a determinação da produção de massa seca ( $\text{ton.ha}^{-1}$ ) para cada data de coletas, determinando-se o incremento mensal de biomassa do processo de regeneração da vegetação após a realização das queimas.

## 2.4 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos foram compilados em planilhas digitais dos *softwares* Microsoft Office Excel 2007 e Word 2007. A produção dos gráficos foi com a utilização do *software* Microsoft Office Excel 2007.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 INCREMENTO DA BIOMASSA

Os resultados do incremento de produção de massa seca ( $\text{ton.ha}^{-1}$ ) na regeneração da vegetação para as 20 parcelas são apresentados na Tabela 2. Na Figura 2, é mostrada a curva referente ao consumo médio de material combustível pelo fogo durante as queimas e o posterior incremento de biomassa durante o período de monitoramento da regeneração da vegetação.

Tabela 2 – Médias das coletas bimestrais para determinação do incremento da biomassa seca ( $\text{ton.ha}^{-1}$ ) no período pós-queimas.

Parcela/Queima	Coletas de material					
	04/12/2012	06/02/2013	07/04/2013	04/06/2013	05/08/2013	06/10/2013
<b>Contra o vento</b>						
03	13,23	17,69	17,84	18,62	13,85	14,23
04	12,92	13,10	11,23	16,76	18,93	18,94
08	11,41	10,72	11,97	18,14	16,01	11,52
09	6,34	16,84	18,26	17,99	13,39	19,71
10	13,42	15,40	18,45	13,79	18,30	18,86
14	9,73	13,13	20,36	10,94	9,06	12,28
15	7,98	9,05	11,62	16,97	7,81	13,48
16	11,95	10,57	10,65	8,70	9,95	13,80
19	15,03	12,78	13,44	11,70	9,53	15,73
20	10,80	10,36	14,92	10,57	17,91	10,62
<b>Média</b>	<b>11,28</b>	<b>12,96</b>	<b>14,87</b>	<b>14,42</b>	<b>13,47</b>	<b>14,92</b>
<b>A favor do vento</b>						
01	10,45	17,89	12,22	12,48	13,48	11,70
02	12,70	18,46	21,65	17,48	17,14	14,36
05	13,01	17,82	13,03	18,81	16,26	16,32
06	7,61	11,45	19,30	16,98	18,17	10,41
07	13,83	8,86	20,57	17,21	16,58	18,62
11	12,22	9,01	9,98	12,28	11,75	11,28
12	11,89	12,48	12,70	14,20	11,13	12,84
13	8,33	11,09	16,52	15,84	13,41	19,76
17	10,71	11,02	13,24	12,58	8,45	10,64
18	10,48	13,30	11,11	15,58	12,62	10,76
<b>Média</b>	<b>11,12</b>	<b>13,14</b>	<b>15,03</b>	<b>15,34</b>	<b>13,90</b>	<b>13,67</b>
<b>Média geral</b>	<b>11,20</b>	<b>13,05</b>	<b>14,95</b>	<b>14,88</b>	<b>13,69</b>	<b>14,29</b>

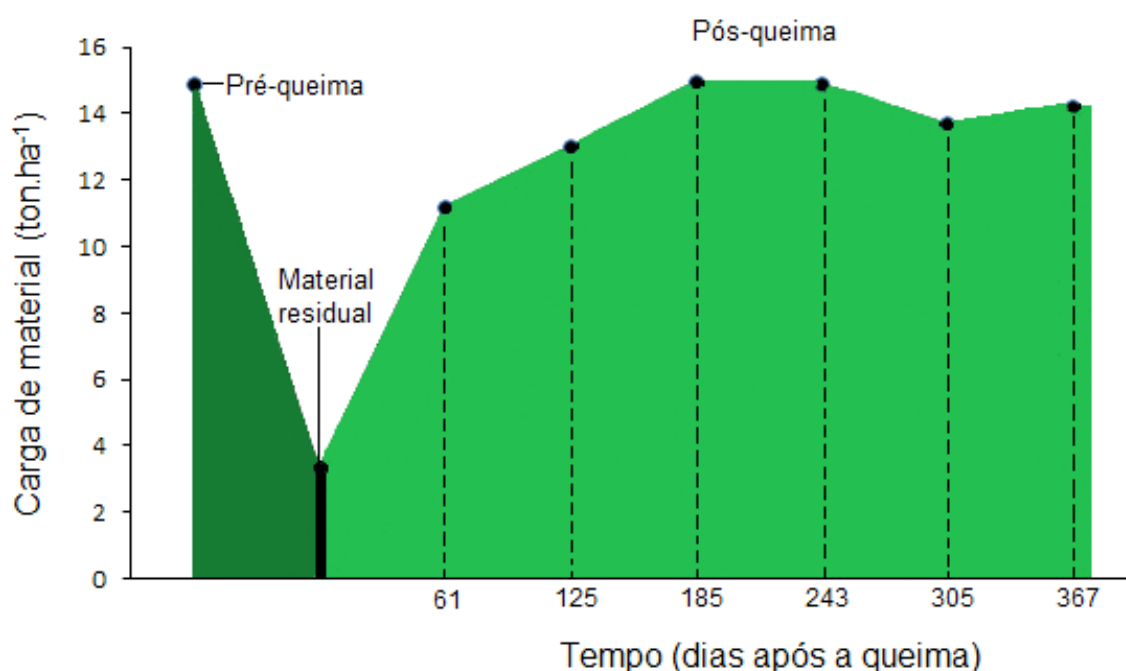


Figura 2 - Consumo de material combustível pelo fogo e incremento de biomassa vegetal pós-queima

Fonte: o autor (2014)

Conforme apresentado no capítulo 4, a carga média de material (massa seca) determinada para a área onde foram alocadas as parcelas para a realização do experimento pós-inverno foi de 14,90 ton.ha<sup>-1</sup>. Após as queimas, a média de material combustível residual foi de 3,41 ton.ha<sup>-1</sup>.

A produção de biomassa aérea no período subsequente à queima apresentou incremento linear nos seis primeiros meses (três primeiras coletas), quando foi atingido valor de carga similar ao registrado antes das queimas. Portanto, observa-se que a recomposição da biomassa aérea até atingir o valor da carga inicial foi num espaço de tempo bastante curto, ou seja, praticamente em seis meses.

O rápido incremento da biomassa certamente foi influenciado pelas condições meteorológicas e ambientais da área. O período entre a realização das queimas e da terceira coleta (04/10/2012 e 07/04/2013) abrangeu a primavera e o verão, período em que as temperaturas são mais elevadas na região, com médias acima de 20°C. Além disso, geralmente neste período são registrados os maiores índices pluviométricos na região o que contribui para o rápido crescimento das plantas. Durante este período, a temperatura média foi de 20,05 °C e o total de

precipitação pluviométrica acumulada de 720 mm (FUNDAÇÃO ABC, 2014). Além do alto índice acumulado, a distribuição das chuvas nos meses foi relativamente regular, constituindo-se também num fator que certamente contribuiu para o incremento da biomassa vegetal num espaço de tempo bem curto.

Comportamento semelhante de incremento de biomassa seca foi registrado por Basso, Baréa e Jacques (2009) para uma área de campo dominada por capim do gênero *Paspalum*, na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Naquele estudo os autores verificaram um grande incremento de biomassa nos quatro primeiros meses (entre outubro e fevereiro), com a estabilização da carga ocorrendo a partir do oitavo mês (junho) quando a influência das condições meteorológicas do inverno começou a provocar a morte da vegetação.

O fato da área não estar sofrendo mais perturbações (especialmente de queimadas) há alguns anos, desde que foi decretada como RPPN, pode também ter influenciado a rápida regeneração da vegetação. O descanso da área por vários anos pode ter enriquecido o solo com maior concentração de nutrientes e, por conseguinte, com maior fertilidade. Mesmo com o solo descoberto e sujeito à lixiviação dos nutrientes pelas chuvas, a fertilidade do solo não diminuiu muito. A respeito deste processo, Pereira e Peres (1985), em estudo com pastagens naturais na região do Cerrado Brasileiro sobre regime de queimas frequentes, verificaram que ocorre uma recuperação muito rápida da carga de biomassa quando ocorrem chuvas em dias subsequentes às queimadas. Contudo, após três a cinco meses o incremento cai bastante, indicando, conforme os autores, que parte dos nutrientes acumulados nas cinzas é reabsorvida pelas plantas e parte é perdida pela lixiviação no solo.

Outro fator que pode ter influenciado na rápida regeneração e incremento de biomassa vegetal foi o banco de sementes depositado ao solo da área, após longo período de tempo sem sofrer perturbações de ordem natural ou antrópica.

Até atingir a estabilização (valor próximo à carga inicial), o incremento da carga de biomassa seca apresentou média mensal de  $1,92 \text{ ton.ha}^{-1}$ . O aparecimento de material morto teve início após a quarta coleta (oitavo mês após a queima), em período onde o incremento da biomassa já havia se estabilizado e o teor de umidade do material apresentava uma redução significativa em relação aos meses anteriores.

O incremento de biomassa em vegetação de Campos no processo de regeneração é bastante dinâmico e depende de vários fatores. Em estudo realizado

em campo sujo de vegetação de Cerrado (onde predomina vegetação herbácea), Batmanian (1983) constatou que a carga da biomassa de áreas queimadas somente atingiram valores semelhantes a uma área não queimada das proximidades quando passaram 15 meses após a passagem do fogo. O autor comenta que o retardamento ocorreu principalmente devido ao pouco crescimento de poáceas (capins) durante a estação seca que ocorre na região central do Brasil. Para a vegetação do estrato rasteiro de Cerrado *sensu stricto*, Batmanian e Haridasan (1985) estimaram em 18 meses o período necessário para a recuperação da biomassa desse estrato. Andrade (1998) e Neto *et al.* (1998) estimam que cerca de 70% da biomassa do estrato rasteiro de campo sujo é recuperada dentro de um período de um ano após queimadas realizadas na época da estação seca, e a recuperação total somente há aproximadamente dois anos após a queimada.

Evangelista *et al.* (1999), analisando duas áreas submetidas ao fogo contendo solos distintos (Cambissolo e Latossolo) na região de Campo da Mantiqueira em Minas Gerais, verificaram que foram necessários sete meses para a estabilização de biomassa para a área de Cambissolo e oito meses para a área de Latossolo. Cardoso *et al.* (2003) em pesquisa ligada aos efeitos do fogo na dinâmica da biomassa aérea de um campo nativo no Pantanal, também constataram um incremento linear de biomassa (seca) vegetal até o oitavo mês após as queimas, quando, então, ocorreu a estabilização. No estudo, os autores verificaram que o aparecimento de fitomassa morta teve início a partir do sexto mês após a queima, com aumento ao longo dos meses seguintes.

### 3.2 VARIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DO MATERIAL

Os resultados do teor de umidade do material combustível nas datas de coletas são apresentados na Tabela 3. Na Figura 3 é mostrada a curva das alterações do teor de umidade do material em um ciclo sazonal completo desde a data das queimas até a última coleta. Na Figura 4, a alteração da fisionomia da vegetação de acordo com a carga e teor de umidade registrado em cada coleta é mostrada.

Tabela 3 - Teor de umidade (%) do material combustível nas datas de coletas.

Parcela/Queima	Coletas de material					
	04/12/2012	06/02/2013	07/04/2013	04/06/2013	05/08/2013	06/10/2013
<b>Contra o vento</b>						
03	217,56	222,19	138,42	125,62	97,63	60,93
04	297,00	194,93	127,91	126,80	114,33	54,23
08	301,97	210,06	186,39	125,36	108,08	70,15
09	325,20	278,01	197,33	127,49	109,37	66,95
10	329,42	259,27	158,29	114,69	118,02	67,69
14	155,53	159,55	112,41	114,43	74,28	41,75
15	209,72	145,74	129,68	84,89	94,05	63,96
16	380,03	249,52	114,67	86,26	92,31	49,66
19	187,53	145,82	112,19	115,22	78,78	41,58
20	182,79	138,76	114,62	105,53	59,11	37,70
<b>Média</b>	<b>258,68</b>	<b>200,38</b>	<b>139,19</b>	<b>112,63</b>	<b>94,60</b>	<b>55,46</b>
<b>A favor do vento</b>						
01	194,31	186,65	176,27	121,75	95,96	67,72
02	214,45	184,94	127,80	146,28	118,45	64,10
05	280,60	172,16	158,60	104,81	101,16	62,74
06	247,66	205,46	184,44	117,50	123,23	60,09
07	274,89	263,43	165,10	126,94	110,26	76,15
11	227,10	172,46	110,89	131,68	93,45	48,92
12	162,43	133,91	132,91	112,02	71,85	51,99
13	193,95	145,43	119,25	83,21	36,14	61,47
17	242,47	157,25	187,80	88,97	97,92	31,84
18	255,07	139,13	140,98	88,62	76,43	43,93
<b>Média</b>	<b>229,29</b>	<b>176,08</b>	<b>150,40</b>	<b>112,18</b>	<b>92,49</b>	<b>56,90</b>
<b>Média geral</b>	<b>243,98</b>	<b>188,23</b>	<b>144,79</b>	<b>112,40</b>	<b>93,54</b>	<b>56,18</b>

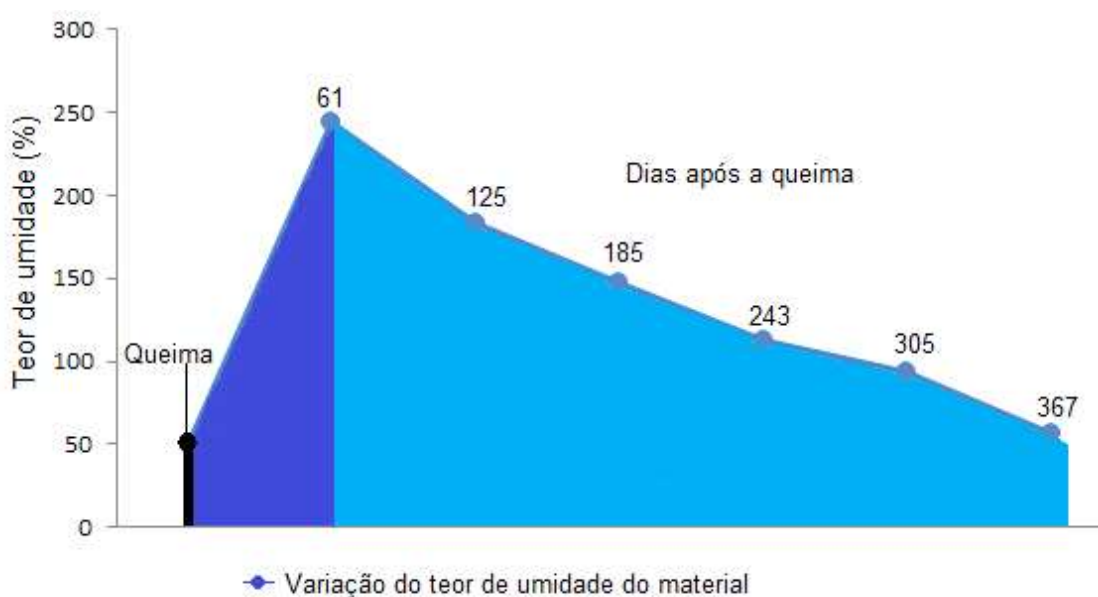


Figura 3 - Teor de umidade do material combustível no momento da queima e durante o período de monitoramento pós-queima  
 Fonte: o autor (2014)



FIGURA 4 - Fisionomia da vegetação: antes das queimas (A); 2 dias (B); 61 dias (C); 125 dias (D); 185 dias (E); 243 dias (F); 305 dias (G) e 367 dias (H) após a queima

Fonte: o autor (2014)



O teor médio de umidade do material (biomassa) dentro do período de monitoramento variou de 243,98% na primeira coleta para 56,18% na última. O valor de 56,18% de umidade do material é bem próximo ao teor de umidade verificado para o material antes da realização das queimas, que foi de 50,45%. A sequência de diminuição do teor de umidade seguiu o padrão apresentado para folhagens vivas, que, segundo Soares e Batista (2007) pode registrar variações em ciclo de regeneração de 300% em brotação nova para 50% quando a folhagem está em processo de dormência e prestes a morrer.

Por se tratar de uma vegetação e ciclo curto, com a morte da maioria das plantas geralmente ocorrendo com menos de um ano após a regeneração, a perda de umidade de boa parte das plantas da área ocorre de forma rápida com demonstrado na figura 3. O curto ciclo de vida das plantas também se constitui em fator que contribui para que a região da Estepe Gramínea-Lenhosa apresente alto perigo de ignição do material e de ocorrência de incêndios florestais.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pelo monitoramento da regeneração da vegetação da área de estudo no período pós-queimas pode-se concluir que:

O incremento da biomassa seca (em  $\text{ton.ha}^{-1}$ ) até atingir a estabilização ocorreu num curto espaço de tempo, o que é típico de ambientes com predomínio de vegetação herbácea;

Comparado a outros estudos realizados em vegetação de ambientes de campo do Brasil, a regeneração da vegetação na área de estudo foi mais rápida, atingindo a estabilização em menor espaço de tempo;

As condições ambientais da área e das variáveis meteorológicas verificadas para os primeiros meses da regeneração contribuíram para o acelerado incremento de biomassa e estabilização da carga de material em curto espaço de tempo.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, S. M. A. **Dinâmica do Combustível Fino e Produção Primária do Estrato Rasteiro de Áreas de campo sujo de Cerrado Submetidas a Diferentes Regimes de Queima**. 52 f. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

BASSO, S. M. S.; BARÉA, K.; JACQUES, A. V. A. Paspalum e Adesmia: Importantes forrageiras dos Campos Sulinos. In: PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M, S.; JACQUES, A. V. A. (Ed.). **CAMPOS SULINOS: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília, MMA, 2009.

BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 1990.

BATMANIAN, G. J. **Efeitos do Fogo Sobre a Produção Primária e a Acumulação de Nutrientes de Estrato Rasteiro de um Cerrado**. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade de Brasília, Departamento de Biologia Vegetal, Brasília: UnB, 1983.

BATMANIAN, G. J.; HARIDASAN, M. Primary production and accumulation of nutrients by the ground layer community of cerrado vegetation of central Brazil. **Plant Soil**, v. 88, p. 437- 440, 1985.

BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D. do; MORAES, E. A. DE; REGAZZI, A. J.; LEITE, G. G. Avaliação de pastagem nativa dos cerrados submetida à queima anual – qualidade da dieta de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 26, n.3, p. 438 - 442, 1997.

CARDOSO, E. L.; CRISPIM, S. M. A.; RODRIGUES, C. A. G.; BARIONI, W. Biomassa aérea e produção primária do estrato herbáceo em campo de *Elyonurus muticus* submetido à queima anual, Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1501 - 1507, 2000a.

CARDOSO, E. L.; CRISPIM, S. M. A.; RODRIGUES, C. A. G.; BARIONI, W. J. Composição e dinâmica da biomassa aérea após a queima em savana gramíneo-lenhosa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2309 - 2316, 2000b.

CARDOSO, E. L.; CRISPIM, S. M. A.; RODRIGUES, C. A. G.; BARIONI, W. J. Efeitos da queima na dinâmica da biomassa aérea de um campo nativo no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 747 - 752, 2003.

CARMO, F. F.; SOUSA, E.; FONSECA, F. C.; RIBEIRO, L. C.; JACOBI, C. M. Recrutamento Pós-fogo em dois habitats de um campo rupestre ferruginoso (canga) na Serra da Moeda, Mg. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8, 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu, 2007.

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no Cerrado. II. As queimadas e a dispersão de sementes de algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 5, p.57 - 64, 1977.

COUTINHO, L. M. O cerrado - Ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 68, p. 23 - 29, 1990.

COSTA, G. M. da. **Regeneração da Vegetação Campestre sob Distúrbio De Fogo na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil**. 76f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Federal de Feira de Santana, Feira de Santana, BA, 2010.

DAMÉ, P. R. V.; QUADROS, F. L. F. DE; KERSTING, C. E. B.; TRINDADE, J. P. P.; LONDERO, F. A. A. Efeitos da queima seguida de pastejo ou diferimento sobre a produção, qualidade, cobertura do solo e sistema radicular de uma pastagem natural. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol.27, n.1 , p. 391 - 396, 1997.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. de; CURI, N.; CARVALHO, M. M. de; FONSECA, E. G. Produção de matéria seca de pastagens nativas localizadas em áreas de Cambissolo e Latossolo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n.4, p.987 - 992, 1999.

FUNDAÇÃO ABC. **Sistema de monitoramento agrometeorológico**. Disponível em: <<http://sma.fundacaoabc.org.br/monitoramento/grafico/diario>>. Acesso em: 15/04/2014.

HERINGER, I.; JACQUES, A. V. A. Qualidade da forragem de pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 399 - 406, 2002.

MENDES, C. R.; SOUZA LIMA, M. G. DE; QUADROS, F. L. F. DE; ABREU, C. M.; GARAGORRY, F. C. Influência da queima no teor de pigmentos, proteína solúvel e carboidratos em gramíneas de pastagens naturais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 239 - 245, 2010.

MOURA ZANINI, A. de; DINIZ, D. Efeito da queima sobre o teor de umidade, características físicas e químicas, matéria orgânica e temperatura no solo sob pastagem. **REDVET. Revista Eletrônica de Veterinária**, vol. 7, n. 3, p. 1 - 11, 2006.

NETO, W. N.; ANDRADE, S. M. A.; MIRANDA, H. S. **The dynamics of the herbaceous layer following prescribed burning: a four year study in the Brazilian savanna**. In: Viegas, D. X. (ed.) *Proceedings of III International Conference on Forest Fire Research Luso: ADAI/University of Coimbra*. Vol. II, p. 1785 - 1792, 1998.

ONIGEMO, A. E.; MIRANDA, H. S.; HARIDASART, M. Efeitos de queimadas bienais e quadrienais sucessivas sobre a biomassa do estrato rasteiro de campo sujo de cerrado. In: *Congresso de Ecologia do Brasil*, 6, 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2003.

PEREIRA, J.; PERES, J. R. Manejo de matéria orgânica. In: GOEDERT, W. J. (Ed.) **Solos dos cerrados: tecnologia e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel; Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 261 - 284, 1985.

REDIN, M.; SANTOS, G. F. dos; GENUIR, MIGUEL, P.; DENEGA, G. L. LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E. L. DE. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 381 - 392, 2011

RODRIGUES, C. A. G. **EFEITOS DO FOGO E DA PRESENÇA ANIMAL SOBRE A BIOMASSA AÉREA E RADICULAR, NUTRIENTES DO SOLO, COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, FENOLOGIA E DINÂMICA DE UM CAMPO DE CAPIM-CARONA (*ELYNURUS MUTICUS* (SPRENG.) O. KTZE.) NO PANTANAL (SUB-REGIÃO DA NHECOLÂNDIA)**. 285 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

SANTOS, M. F. V.; GUTIÉRRES, E.; VALLEJO, R.; MEUNIER, I. J.; CILLERO, D. Diversidade da vegetação pós-incêndio em terraços abandonados e ladeiras não cultivadas em Valença, Espanha. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 399 - 405, 2003.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF, 2007.

WHELAN, R. J. **The Ecology of Fire**. Cambridge University Press, Cambridge, 1997.